



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS**

MALU QUEVÊDO VILANOVA

**CONTRIBUIÇÃO DAS DESOVAS DE TARTARUGAS MARINHAS A BIOCENOSE
DE PRAIAS ARENOSAS**

FORTALEZA-CE

2022

MALU QUEVÊDO VILANOVA

**CONTRIBUIÇÃO DAS DESOVAS DE TARTARUGAS MARINHAS A BIOCENOSE
DE PRAIAS ARENOSAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais da Universidade Federal do Ceará – UFC, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Marinhas Tropicais. Linha de pesquisa: Prospeção, Manejo e Conservação de Recursos Marinhos.

Orientadora: Prof^a. Dra. Cristina de Almeida Rocha-Barreira

Co-orientadora: Prof^a. Dra. Carla Penna Ozório

FORTALEZA-CE

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

V746c Vilanova, Malu Quevêdo.

Contribuição das desovas de tartarugas marinhas a biocenose de praias arenosas / Malu Quevêdo Vilanova. – 2022.

68 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2022.

Orientação: Profa. Dra. Cristina de Almeida Rocha-Barreira.

Coorientação: Profa. Dra. Carla Penna Ozório.

1. praias arenosas. 2. relações ecológicas. 3. teias alimentares. 4. desovas de tartarugas marinhas. I. Título.

CDD 551.46

MALU QUEVÊDO VILANOVA

**CONTRIBUIÇÃO DAS DESOVAS DE TARTARUGAS MARINHAS A BIOCENOSE
DE PRAIAS ARENOSAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais da Universidade Federal do Ceará – UFC, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Marinhas Tropicais. Linha de pesquisa: Prospecção, Manejo e Conservação de Recursos Marinhos.

Aprovada em: 23/05/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Cristina de Almeida Rocha-Barreira (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dra. Carla Penna Ozório (Co-orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dra. Suzana Machado Guimarães
Faculdade Maria Thereza (FAMATH)

Prof^a. Dra. Taciana Kramer Oliveira Pinto (UFAL)

Ao Projeto Gtar-Verdeluz.

E à minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Verdeluz, e em especial a todos do projeto Gtar-Verdeluz, que dividem comigo essa jornada de trabalho árdua e maravilhosa que dá muito sentido a tudo que faço. Sou grata por todos que contribuíram com o desenvolvimento desta pesquisa, que me ajudaram no monitoramento das desovas na praia do Futuro durante a pandemia, coletas de campo e, principalmente, a não desistir diante de todas as dificuldades enfrentadas: Alice Frota, Débora Melo, Arthur Gois, Ivina Leal, Yuri Lima, Marina Mendonça e tantos outros.

Ao grupo de Guarda-vidas do Corpo de Bombeiros Militar do Ceará que ajudou nos monitoramentos de praia deste estudo e forneceu informações valiosas para o acompanhamento dos ninhos de tartaruga-de-pente em Fortaleza, CE.

Às professoras Cristina de Almeida Rocha-Barreira e Carla Penna Ozório, minhas orientadoras, por serem exemplos de profissionais e por toda disponibilidade oferecida nesse tempo de parceria. Tive a sorte e a honra de estar cercada por mulheres incríveis e talentosas, mas foi trabalhando com vocês durante uma pandemia global que foi renovada a minha esperança em várias coisas em que eu já estava desacreditada. Obrigada por terem sido inspiração de formas que ultrapassam as barreiras do mundo acadêmico, pela confiança, paciência, pelos ensinamentos e pela oportunidade.

À equipe do Laboratório de Zoobentos do LABOMAR (UFC) por toda ajuda durante as atividades de laboratório, suporte e contribuições.

Aos membros da banca examinadora do exame de qualificação composta pela Dra. Caroline Vieira Feitosa (UFC) e a Dra. Taciana Kramer de Oliveira Pinto (UFAL).

Aos membros da banca examinadora da defesa de mestrado, composta pela Dra. Taciana Kramer de Oliveira Pinto (UFAL) e a Dra. Suzana Machado Guimarães.

A Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), que me concedeu dois anos de bolsa de mestrado.

À minha família e, em especial, aos meus avós que durante toda minha vida investiram e lutaram para que eu chegasse até aqui, sempre acreditaram em mim e nunca me deixaram desistir, a eles sempre serei muito grata.

Por fim, expresso ainda aqui a minha admiração pelas tartarugas marinhas, por me fascinarem tanto, sendo inspiração, motivo de força e norte para alcançar os meus ideais e reconhecer meu propósito neste mundo.

LISTA DE FIGURAS

II. CAPÍTULO 1: Papel ecológico das tartarugas marinhas nas teias tróficas de praias arenosas: uma revisão sistemática

Figura 1 - Percentual de artigos que estudam 1, 2, 3 ou 7 espécies de tartarugas marinhas encontrados pela revisão literária efetuada.....23

Figura 2 - Percentual de artigos que estudam cada espécie de tartaruga marinha encontrados pela revisão literária efetuada.....23

III. CAPÍTULO 2: Resposta da meiofauna às desovas de tartarugas de pente (*Eretmochelys imbricata*) em uma praia urbanizada no nordeste do Brasil.

Figura 1 - Localização da área de estudo: praia do Futuro, Fortaleza, Ceará; (circulado de preto encontra-se o espigão do Titanzinho e circulado de vermelho está a foz do rio Cocó).....42

Figura 2 – Desenho amostral para a obtenção das amostras de meiofauna dentro do ninho da tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*) na praia do Futuro, em janeiro de 2021; A) Estratos verticais amostrados B) Representação da secção correspondente ao estrato com a distribuição das réplicas amostrais.....44

Figura 3 - Obtenção de uma amostra de meiofauna no estrato de superfície dentro do ninho da tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*) na praia do Futuro, em janeiro de 2021.....44

Figura 4 - Composição de táxons meiofaunais nos ambientes: dentro (a) e fora (b) dos ninhos de *Eretmochelys imbricata* na praia do Futuro, Ceará, no período de janeiro a julho de 2021.....47

Figura 5 - Densidade média da meiofauna (ind./10cm²) nos ambientes dentro (DN) e fora do ninho (FN), barras verticais representam $\alpha = 0,95$48

Figura 6 - Análise de agrupamento das amostras da meiofauna dos estratos de profundidade superfície (s), meio (m) e fundo (f) dentro (DN) e fora (FN) dos ninhos da tartaruga-de-pente *Eretmochelys imbricata* na praia do Futuro, Ceará, no período de janeiro a julho de 2021. Medida de similaridade de Bray Curtis; densidade

transformada em $\log(x + 1)$; em vermelho é indicado grupos de amostras separados ($p < 0,05$) pelo SIMPROF.....48

Figura 7 - Densidade média da meiofauna [transformada em $\log(x + 1)$] para cada estrato de profundidade (superfície, meio e fundo) e nos ambientes dentro (DN) e fora do ninho (FN), barras verticais representam $\alpha = 0,95$49

Figura 8 - Riqueza média da meiofauna nos ambientes dentro (DN) e fora (FN) do ninho, barras verticais representam $\alpha = 0,95$50

Figura 9 - Riqueza média com valores de intervalo de confiança para cada estrato: superfície, meio e fundo, dentro (DN) e fora do ninho (FN) (Barras verticais representam $\alpha = 0,95$).....51

Figura 10 - Densidade média por unidade amostral acompanhada dos respectivos valores de desvio padrão de Nematoda nos estratos de profundidade, dentro e fora dos ninhos de *Eretmochelys imbricata* encontrados na praia do Futuro, Ceará, no período de janeiro a julho de 2021.....52

Figura 11 - Densidade média por unidade amostral (ind./10 cm²) acompanhada dos respectivos valores de desvio padrão de Acari nos estratos de profundidade, dentro e fora dos ninhos de *Eretmochelys imbricata* encontrados na praia do Futuro, Ceará, no período de janeiro a julho de 2021.....53

Figura 12 - Densidade média por unidade amostral (ind./10 cm²) acompanhada dos respectivos valores de desvio padrão de Oligochaeta nos estratos de profundidade, dentro e fora dos ninhos de *Eretmochelys imbricata* encontrados na praia do Futuro, Ceará, no período de janeiro a julho de 2021.....54

Figura 13 - Densidade média por unidade amostral (ind./10 cm²) acompanhada dos respectivos valores de desvio padrão de Collembola nos estratos de profundidade, dentro e fora dos ninhos de *Eretmochelys imbricata* encontrados na praia do Futuro, Ceará, no período de janeiro a julho de 2021.....55

LISTA DE TABELAS

II. CAPÍTULO 1: Papel ecológico das tartarugas marinhas nas teias tróficas de praias arenosas: uma revisão sistemática

Tabela 1 - Lista de animais (nome específico quando possível) que interagem com as desovas de tartarugas marinhas e o número de artigos em que cada um deles foi citado com base na revisão literária efetuada.....24

Tabela 2 - Dados sobre predação de ninhos de tartarugas marinhas nos artigos selecionados pela revisão literária efetuada.....26

III. CAPÍTULO 2: Resposta da meiofauna às desovas de tartarugas de pente (*Eretmochelys imbricata*) em uma praia urbanizada no nordeste do Brasil.

Tabela 1 - Correlações de Spearman para os fatores: densidade média e riqueza da meiofauna, densidades médias dos grupos taxonômicos, métricas de reprodução da tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*) e profundidade dos primeiros ovos; a partir de ninhos encontrados na praia do Futuro, Ceará, no período de janeiro a julho de 2021. ($p < 0,005$ para as correlações em negrito).....56

SUMÁRIO

I.	1. APRESENTAÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	12
	2. REFERÊNCIAS.....	13
II.	CAPÍTULO 1: Papel ecológico das tartarugas marinhas nas teias tróficas de praias arenosas: uma revisão sistemática.....	15
	1. INTRODUÇÃO.....	17
	2. OBJETIVOS.....	20
	2.1. Objetivo Geral: Caracterizar o papel ecológico das tartarugas marinhas em praias arenosas, considerando a interação da sua nidificação com a biocenose existente no sistema.....	20
	2.2. Objetivos específicos.....	20
	3. METODOLOGIA.....	20
	3.1. Revisão Literária.....	20
	3.1.1. Critérios de inclusão utilizados no estudo.....	21
	3.1.2. Extração de dados.....	21
	4. RESULTADOS.....	22
	5. DISCUSSÃO.....	27
	6. CONCLUSÕES.....	30
	7. REFERÊNCIAS.....	30
III.	CAPÍTULO 2: Resposta da meiofauna às desovas de tartarugas de pente (Eretmochelys imbricata) em uma praia urbanizada no nordeste do Brasil.....	35
	1. INTRODUÇÃO.....	37
	2. OBJETIVOS.....	40
	2.1. Geral.....	40
	2.2. Específicos.....	40
	3. METODOLOGIA.....	41
	3.1. Área de Estudo.....	41
	3.2. Coleta de dados dos ninhos e amostragem da meiofauna.....	42
	3.2.1. Nidificação.....	42

3.2.2. Amostragem de meiofauna.....	43
3.3. Métricas de reprodução.....	45
3.4. Triagem e identificação dos organismos da meiofauna.....	45
3.5. Análise de dados.....	46
4. RESULTADOS.....	47
4.1. Representatividade dos grupos taxonômicos na densidade média da meiofauna total.....	51
4.2. Densidade e distribuição vertical dos grupos taxonômicos.....	51
4.3. Influência de métricas de reprodução de <i>Eretmochelys imbricata</i> e da distribuição espacial dos ninhos sobre a densidade média e riqueza da meiofauna e sobre as densidades médias dos grupos taxonômicos.....	55
5. DISCUSSÃO.....	56
6. CONCLUSÕES.....	60
7. REFERÊNCIAS.....	60

I. 1. APRESENTAÇÃO E JUSTIFICATIVA

Estudos em ecologia de praias arenosas têm se tornado cada vez mais importantes frente à pressão antrópica em nível global nesse ecossistema, que ameaça também a biota presente. Ao invés de concentrar o estudo em uma única espécie, ignorando a interação entre espécies e o funcionamento do ecossistema, precisamos aumentar nossa atenção, sob uma visão ecossistêmica, para as conexões entre os organismos e o fluxo de energia em toda rede trófica envolvida. Segundo LERCARI *et al.*, (2010) e REYES-MARTINEZ *et al.* (2014), pesquisas a respeito de teias tróficas em praias arenosas ainda são escassas. Por outro lado, sabe-se que o declínio das populações de algumas espécies em um ecossistema pode alterar a complexidade da teia alimentar e induzir a uma redução na eficiência da transferência de energia (PAINE, 1966).

Em relação às tartarugas marinhas, ainda há um número muito pequeno de pesquisas que têm se dedicado a descobrir a interdependência que os ambientes de praia possam ter com estes animais (MOSS, 2017; BJORN DAL; JACKSON, 2003), que estão ameaçados de extinção mundialmente (MARTINS; MOLINA, 2008) devido à diversos fatores negativos ligados ao desenvolvimento humano e costeiro (LUTCAVAGE *et al.*, 1997). Várias praias de nidificação de tartarugas marinhas já recebem atenção e gestão relacionadas à conservação desses animais, especialmente em função do seu ciclo reprodutivo, porém, sua capacidade de aportar nutrientes através das desovas nestes locais é pouco abordada e explorada como estratégia de manejo desse ecossistema (BOUCHARD; BJORN DAL, 2000).

Nesse contexto, esta dissertação intitulada de **“Contribuição das desovas de tartarugas marinhas a biocenose de praias arenosas”**, organizada em dois capítulos, busca compilar dados existentes na literatura sobre as interações ecológicas entre as tartarugas marinhas e demais organismos da biocenose de praia com foco na sua desova e eclosão dos filhotes, além de incrementar o conhecimento ecológico de praias arenosas, contribuindo assim para as políticas de manejo e conservação do ecossistema. O capítulo um traz uma revisão sistemática de literatura, seguindo o modelo do protocolo PRISMA EcoEvo (O'DEA *et al.*, 2021), cujo objetivo é identificar os organismos da biocenose de praias arenosas que

interagem com os ninhos de tartarugas marinhas, e como se dá esta interação (predação, decomposição, aproveitamento da matéria orgânica, etc), tendo como hipótese “as desovas de tartarugas marinhas podem representar pulsos de matéria orgânica para a biocenose que habita esse ecossistema oligotrófico”. O capítulo dois investiga o comportamento da meiofauna quanto à densidade e riqueza, entre locais com e sem ninhos (ovos) da tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*) localizados na Praia do Futuro (Fortaleza, Ceará). Nesta verificação, a riqueza e a densidade dos táxons meiofaunais são usados como variáveis-resposta para os fatores: 1) ninho, em dois níveis (local com ninho x local sem ninho) e 2) estratos de profundidade, em três níveis (superfície, meio e fundo).

Os dois capítulos do presente trabalho têm o intuito de mostrar que, além da grande importância em se proteger os locais de desova para a preservação das populações de tartarugas marinhas, a incubação de ovos nos ninhos pode significar uma influência positiva de considerável relevância para uma diversidade de organismos que habitam esse ecossistema oligotrófico. Tal fato evidencia a necessidade de conservação das tartarugas marinhas e das áreas prioritárias de desova, também para preservar relações que ocorrem e beneficiam uma gama de outros organismos presentes nesse ambiente. Objetivos e hipóteses específicos de cada capítulo serão apresentados no decorrer do texto de cada seção correspondente.

2. REFERÊNCIAS

BOUCHARD, S.; BJORN DAL, K. Sea turtles as biological transporters of nutrients and energy from marine to terrestrial ecosystems. **Ecology**, Flórida, vol. 81, p. 2305–2313, 2000.

BJORN DAL, K.; JACKSON, J. Roles of sea turtles in marine ecosystems: reconstructing the past. In P. L. Lutz, J. A. Musick, and J. Wyneken (Eds.). **Biology of sea turtles**, Florida, CRC Press, Boca Raton, 2003, p. 259–273.

LERCARI, D.; BERGAMINO, L.; DEFEO, O. Trophic models in sandy beaches with contrasting morphodynamics: comparing ecosystem structure and biomass flow. **Ecological Modelling**, vol. 221, pp. 2751–2759, 2010.

LUTCAVAGE, M. E.; PLOTKIN, P.; WITHERINGTON, B. E.; LUTZ, P. L. Human impacts on sea turtle survival. In: LUTZ, P. L.; MUSICK, J. A. (Eds.) **The biology of sea turtles**, Flórida, CRC Press: Boca Raton, 1997. p. 387–409.

MARTINS, M.R.C.; MOLINA, F.B. Panorama Geral dos Répteis Ameaçados do Brasil. In: Machado, A.B.M., Drummond G.M., Paglia A.P., (editores). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. Brasília, DF: MMA; Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. Biodiversidade, 2008, vol. 19, p. 326–377.

MOSS, B. Marine reptiles, birds and mammals and nutrient transfers among the seas and the land: An appraisal of current knowledge. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, vol 492, p 63–80, Liverpool, 2017.

O'DEA, R.; LAGISZ, M.; JENNIONS, M.; KORICHEVA, J.; NOBLE, D.; PARKER, T.; GUREVITCH, J.; PAGE, M.; STEWART, G.; MOHER, D. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses in ecology and evolutionary biology: a PRISMA extension. **Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society**, vol. 96. 10.1111/brv.12721, 2021.

PAINE, T. P. Food Web Complexity and Species Diversity. **The American Naturalist**, vol. 100, No. 910, pp. 65–75, Chicago, 1966.

REYES-MARTINEZ, M. J.; LERCARI, D.; RUÍZ-DELGADO, M. C.; SÁNCHEZ-MOYANO, J. E.; JIMÉNEZ-RODRÍGUEZ, A.; PÉREZ-HURTADO, A.; GARCÍA-GARCÍA, F. J. Human Pressure on Sandy Beaches: Implications for Trophic Functioning. **Estuaries and Coasts**, vol. 38, p. 1782–1796, 2014.

II. CAPÍTULO 1: Papel ecológico das tartarugas marinhas nas teias tróficas de praias arenosas: uma revisão sistemática

RESUMO

As praias arenosas, ambientes de interface entre oceano e continente, abrigam uma diversidade de vida, que varia de microorganismos a vertebrados, mas são geralmente caracterizadas por baixa produtividade primária, pois a disponibilidade de nutrientes é relativamente baixa no sistema. Além de sedimentos, praias e mares trocam uma variedade de materiais orgânicos, e animais de ambos os habitats podem se mover de um lado para outro, como é o caso das tartarugas marinhas que nidificam no continente. Para verificar a participação das tartarugas marinhas nas teias tróficas de praias arenosas, se analisou as interações das desovas de tartarugas marinhas com outros organismos a partir de uma revisão sistemática de literatura. Tendo como hipótese “as desovas de tartarugas marinhas podem representar pulsos de matéria orgânica para a biocenose que habita esse ecossistema oligotrófico”, foi feita uma busca literária em bases de dados (seguindo a metodologia do protocolo PRISMA EcoEvo), a fim de apontar quais são as interações que ocorrem entre os ninhos de tartarugas marinhas (ovos e filhotes) e os organismos típicos do ecossistema em questão. Além de reunir o conhecimento produzido até então sobre essas relações, identificou-se o tipo (positivo ou negativo) de potencial impacto para as tartarugas marinhas, bem como para os outros organismos que habitam uma determinada área. Este estudo também objetivou conhecer os organismos mais frequentes nas interações com os ninhos de tartarugas marinhas. Foram considerados apenas artigos e notas publicados por periódicos e revisados por pares, sem limitações de temporalidade ou de localização geográfica para seleção dos estudos. A predação foi o tipo de relação ecológica mais estudada, foram registrados 61 táxons de predadores, sendo os caranguejos o grupo mais recorrente. A matéria orgânica proveniente da desova de tartarugas marinhas também foi apontada como fator de enriquecimento da vegetação local, além de influenciar a ocorrência da microbiota e de nematóides. Em síntese, há mais trabalhos que abordam interações que impactam negativamente as tartarugas marinhas do que estudos que tratam dos benefícios provenientes das tartarugas para o ambiente.

Palavras-chave: praias arenosas, relações ecológicas, teias alimentares, desovas de tartarugas marinhas

ABSTRACT

Sandy beaches, interface environments between ocean and continent, shelter a diversity of life, ranging from microorganisms to vertebrates, but are generally characterized by low primary productivity, as the availability of nutrients is relatively low in the system. Besides sediments, beaches and seas exchange a variety of organic materials, and animals from both habitats can move from one place to another, as is the case with nesting sea turtles on the mainland. In order to verify their participation in the food webs of sandy beaches, the interactions of sea turtle spawning with other organisms were analyzed through a systematic literature review. With the hypothesis “sea turtle spawning may represent pulses of organic matter for the biocenosis that inhabits this oligotrophic ecosystem”, a literary search was carried out in databases (following the methodology of the PRISMA EcoEvo protocol), aiming to point out which are the interactions that occur between the nests of sea turtles (eggs and hatchlings) and the typical organisms of the ecosystem in question. It was also evaluated which of the interactions was the most studied, and it was identified the type (positive or negative) of potential impact for sea turtles, as well as for other organisms that inhabit a given area, was identified. This study also aimed to know the most recurrent organisms in interactions with sea turtle nests. Only articles and notes published by journals and peer-reviewed were considered, without limitations of temporality or geographic location for the selection of studies. Predation was the most studied type of ecological relationship, 61 predator taxa were recorded, with crabs being the most recurrent group. Organic matter from the spawning of sea turtles was also identified as an enrichment factor for the local vegetation, in addition to influencing the occurrence of microbiota and nematodes. In summary, there are more studies that address interactions that negatively impact sea turtles than studies that address the benefits of turtles for the environment.

Keywords: sandy beaches, ecological relations, food webs, sea turtle spawning.

1. INTRODUÇÃO

A utilização do termo “praias arenosas” é frequente na definição de ecossistemas localizados na transição entre o ambiente terrestre e o ambiente aquático marinho, formados pela deposição de sedimentos inconsolidados. Esse ecossistema está presente em mais de dois terços da costa mundial, excluindo-se as regiões congeladas (MCLACHLAN; BROWN, 2006). Armazenamento e transporte de sedimentos, dissipação de ondas associadas a eventos extremos (ressacas, tsunamis, entre outros), ciclagem de nutrientes, fornecimento de área para abrigo e desova da fauna marinha, pesca, exploração mineral, turismo e recreação são algumas das funções ecológicas e socioeconômicas das praias arenosas (DEFEO *et al.*, 2009). No seu limite oceânico, está a zona de arrebatção, região de formação da crista e quebra das ondas (VELOSO e CARDOSO, 2009). A energia de ondas se dissipa ao longo da zona de surfe até alcançar a zona entremarés, que se estende desde a linha d’água até o alcance máximo da maré alta de sizígia (VELOSO e CARDOSO, 2009). Toda a região localizada acima do limite de maré alta até o início da ocorrência de dunas ou de vegetação de restinga caracteriza a zona supralitoral, que sofre influência somente do spray marinho ou é alcançada pelas marés apenas em eventos de alta energia (VELOSO e CARDOSO, 2009).

A biota de praias arenosas varia de microorganismos a vertebrados, com representantes endêmicos, facultativos, marinhos e terrestres (MCLACHLAN; BROWN, 2006). Uma característica única dos ecossistemas de praias arenosas é a presença de intensas trocas entre níveis tróficos (MCLACHLAN; BROWN, 2006). Além de filtrar a água, o corpo de areia porosa e sua biota mineralizam matéria orgânica e reciclam nutrientes. As praias não estão apenas acopladas a sistemas marinhos troficamente, mas também interagem física e biologicamente com as dunas costeiras. Além de sedimentos, praias e dunas trocam uma variedade de materiais orgânicos, e animais de ambos os habitats se movem através da interface duna/praias para se alimentar (DEFEO *et al.*, 2009).

Existem muito menos dados de sistemas marinhos em comparação com sistemas terrestres e de água doce para avaliar a importância de grandes vertebrados no ciclo de nutrientes dentro dos sistemas e nas transferências entre eles (MOSS, 2017). As tartarugas marinhas são exemplos de vertebrados marinhos

que apresentam a capacidade de transportar alimento de um sistema produtivo para um menos fértil (ZANDEN *et al.*, 2012), pois se alimentam em determinadas áreas (costeiras ou pelágicas) e vão depositar seus ovos em praias localizadas à longas distâncias, aportando assim nutrientes para o ambiente, uma vez que as cascas de ovos, os ovos que não eclodem e os filhotes, que por diversos motivos não saem dos ninhos, permanecem na praia. Essa energia é então aproveitada pelos predadores e pelos detritívoros que decompõem a matéria orgânica, deixando nutrientes à disposição de forma simples e de fácil assimilação (BOUCHARD; BJORN DAL, 2000). Essa contribuição também pode ser observada nos encalhes, capazes de aportar nutrientes do ecossistema marinho para a zona costeira a partir da decomposição de matéria orgânica proveniente das carcaças de tartarugas (MCLACHLAN; MCGWYNEE, 1986). Além de funcionar como transportadora de nutrientes entre os ecossistemas, as tartarugas marinhas também podem ajudar a manter seu próprio ambiente de nidificação fornecendo nutrientes e fertilizando a vegetação das dunas que desempenha um papel na estabilização (contenção da erosão) do solo arenoso. Um desses nutrientes é o nitrogênio (N), que é aportado do oceano e pode ser encontrado nos sedimentos de praias arenosas, onde é absorvido pela vegetação costeira através da nidificação desses animais. Sendo assim, as tartarugas marinhas funcionam como interfaces biogeoquímicas entre os sistemas marinhos e terrestres (HANNAN *et al.*, 2007).

As tartarugas marinhas também desempenham papel fundamental na cadeia alimentar, atuando como presas, consumidoras e competidoras, em diferentes etapas do seu ciclo de vida (MUSICK e LIMPUS, 1997). Além disso, são importantes hospedeiras de parasitas e patógenos, substrato para epibiontes e modificadoras da paisagem (BJORN DAL & JACKSON, 2003). Também são fundamentais para o equilíbrio do ecossistema marinho costeiro, por se alimentarem de algas, crustáceos, moluscos, peixes, esponjas, águas-vivas entre outros invertebrados marinhos e, portanto, contribuem para a manutenção da saúde do ambiente, que, por sua vez, constitui-se de locais adequados à reprodução e ao desenvolvimento de muitas outras espécies (BJORN DAL, 1997).

Quase todas as tartarugas marinhas estão ameaçadas, em perigo ou criticamente em perigo pela combinação de fatores naturais e antrópicos, incluindo a perda de habitat de nidificação e perda ou retirada de ovos depositados (CORNELIUS *et al.*, 2007; LUTCAVAGE *et al.*, 1997; WITHERINGTON; FRAZER,

2003). Por isso, seis das espécies encontram-se ameaçadas segundo a Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da União Internacional para a Conservação da Natureza (*International Union for Conservation of Nature* – IUCN) consultada em 2022, onde apenas *Natator depressus* encontra-se com dados insuficientes para avaliação e, nacionalmente, as espécies estão incluídas no Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção do Ministério do Meio Ambiente (MARTINS; MOLINA, 2008).

A predação é um fator natural que ocorre ao longo de todo o ciclo de vida das tartarugas marinhas, sendo particularmente elevada nos ninhos e na fase de emergência dos filhotes recém-eclodidos, o que compromete o sucesso de eclosão (NELLIS e SMALL, 1983). A capacidade de proteger adequadamente um ecossistema e as espécies que nele habitam, depende em grande parte do monitoramento e compreensão dos papéis ecológicos que exercem os principais componentes bióticos envolvidos na ciclagem de nutrientes da teia trófica local (HEDLUND *et al.*, 2004). Um destes processos é a decomposição, esta é mantida principalmente pela microbiota e pode determinar a ciclagem de nutrientes, a disponibilidade dinâmica de recursos e a regulação do microclima (WAGG *et al.*, 2014). Tendo em vista que cada grupo de organismos da biota possui um papel singular no funcionamento trófico das praias, as consequências da redução da riqueza e abundância de diferentes espécies ainda são pouco conhecidas (REYES-MARTINEZ *et al.*, 2014). As tartarugas marinhas, que são comprovadamente vulneráveis à pressão antrópica e usadas como espécies bandeira, podem representar um importante papel no apelo conservacionista às praias arenosas e, conseqüentemente, às outras espécies que habitam esse ecossistema. Por essas razões, o presente estudo tem como objetivo apresentar uma síntese dos estudos disponíveis relacionados à interação de organismos típicos de praias arenosas com os produtos das desovas (ninhos: ovos e filhotes) de tartarugas marinhas no cenário mundial, destacando as influências da nidificação para o ambiente e as influências do meio para com as desovas desses organismos. Além disso, pretende-se testar a hipótese “as desovas de tartarugas marinhas podem representar pulsos de matéria orgânica para a biocenose de praias arenosas”.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral: Caracterizar o papel ecológico das tartarugas marinhas em praias arenosas, considerando a interação da sua nidificação com a biocenose existente no sistema.

2.2. Objetivos específicos:

- Apontar a relação ecológica mais estudada na literatura existente entre os ninhos de tartarugas marinhas e a biocenose de praias arenosas.
- Listar os predadores de ovos e filhotes de tartarugas marinhas e identificar os mais frequentes.
- Mensurar a porcentagem de predação de ovos e filhotes de tartarugas marinhas ao redor do mundo.
- Caracterizar a contribuição dos detritos gerados pela nidificação de tartarugas marinhas, como forma de matéria orgânica disponível, para outros níveis tróficos nas praias arenosas.

3. METODOLOGIA

Para a obtenção da literatura que compõe esta revisão, foram seguidas as orientações do protocolo PRISMA - *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (MOHER *et al.*, 2009) e PRISMA-EcoEvo (O'DEA *et al.* 2021), a partir do qual foi definido o *checklist* PRISMA com as diretrizes de trabalho a serem seguidas, além disso foram respeitadas as quatro fases indicadas no fluxograma deste protocolo. O protocolo detalhado utilizado nesta revisão pode ser acessado via comunicação com os autores através do email <maluvilanovaa@gmail.com>.

3.1. Revisão de Literatura

Foram realizadas buscas na base de dados *Science Direct*, onde as palavras-chaves de língua inglesa utilizadas com o auxílio de operadores booleanos (*and*, *or* e *not*) foram: *marine\sea turtle*, *spawning*, *nesting*, *eggs*, *hatchling*, *richness*, *nutrients*, *sandy beach*, *population*, *nematodes*, *benthics*, *fauna*, *biocenosis*, *metacommunities*, *relation*, *contributions*, *predators*, *abundance*, *zoobentos*,

macrofauna, relation, meiofauna, meiobenthos, increase, predation, depredation, preying, ghost crabs, coyotes, seabirds, foxes, wild canids, raccoons. Também foi realizada uma busca nas publicações disponíveis no site da Fundação Projeto TAMAR <<https://www.tamar.org.br/index.php>> que reúne produção científica realizada e/ou apoiada pela fundação, incluindo estudos no período compreendido entre 1980 e 2020.

3.1.1. Critérios de inclusão utilizados no estudo

Foi utilizado um processo sistemático, com todos os passos da triagem de elegibilidade das publicações sendo descritos previamente às buscas na base de dados. Não foi definida restrição temporal ou de localização geográfica para a escolha dos artigos. Foram considerados somente artigos e notas publicados em periódicos e revisados por pares (de acordo com os padrões definidos por cada periódico, os artigos são submetidos a um conselho de revisores da área acadêmica, que são especialistas no tema abordado).

O título e o resumo de todos os estudos resultantes da pesquisa no *Science direct* e disponíveis no site da Fundação Projeto TAMAR foram analisados, sendo excluídos da revisão quando verificado que sua temática central não se relacionava com desovas de tartarugas marinhas em praias arenosas. Para que um artigo fosse incluído, cada estudo foi lido em sua totalidade, e foi então avaliado se o seu conteúdo abordava pelo menos um dos seguintes critérios: (1) predação de ninhos e filhotes de tartarugas marinhas; (2) nidificação de tartarugas marinhas como fator de influência na riqueza e abundância de outros organismos típicos de praias arenosas; (3) papel ecológico das tartarugas marinhas nas praias de nidificação; (4) detritos (cascas de ovos, muco expelido pelas fêmeas, ovos não eclodidos, natimortos e outras formas de detritos) gerados pela nidificação de tartarugas marinhas impactando a cadeia alimentar. Não foram considerados artigos que discorrem a respeito da predação de tartarugas adultas, que abordam tartarugas marinhas em outros ambientes que não praias arenosas ou que investigaram somente interações entre as desovas e fatores abióticos.

3.1.2. Extração de dados

Os estudos selecionados foram lidos integralmente para certificação de que atendiam a todos os critérios de inclusão e exclusão definidos previamente durante

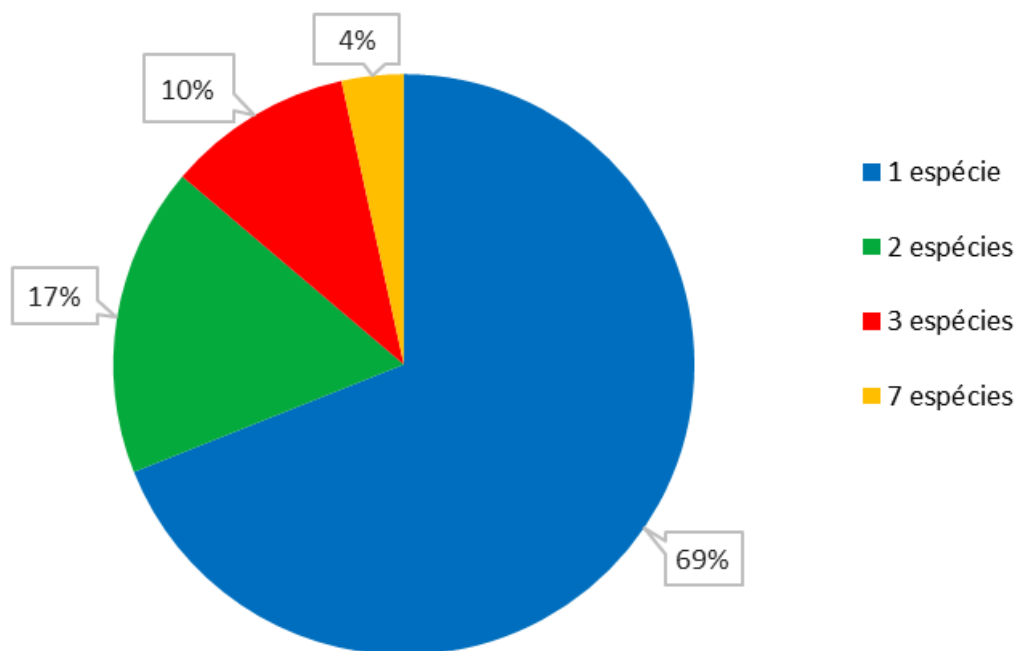
a elaboração do protocolo desta revisão sistemática. Os que atenderam a esses critérios foram resumidos em uma planilha, e usados para abordar as questões-chave desta revisão. Obtivemos dados de três maneiras: a) diretamente da seção de resultados, b) a partir de figuras ou c) a partir de conjuntos de dados fornecidos em materiais suplementares. Foram extraídas dos estudos as seguintes informações: título; autores; ano de publicação; localização/país; número de espécies mencionadas; número de espécies de tartaruga; nome das espécies de tartaruga; caracterização do tipo de interações que ocorreram com a nidificação de tartarugas marinhas nas praias (bióticas: sendo entre organismos, abióticas: podendo ser eventos de marés extremas, alta incidência solar, tráfego de veículos, escavações na praia, entre outras; ou ambas); presença de dados sobre sucesso reprodutivo; presença de predação de ninhos, ovos e/ou filhotes; nomes ou táxons das espécies de predadores ou organismos interagindo com os ninhos; número de ninhos; taxa de predação e principais achados (resultados/conclusões) de cada artigo. Em alguns artigos o número de ninhos foi dividido em temporadas ou anos, assim como também foi dividido por espécies de tartarugas ou por diferentes praias. Nos casos acima, a fim de padronizar os dados extraídos dos artigos selecionados, o número de ninhos foi somado e foi utilizado o valor total de cada artigo. O mesmo método de cálculo foi utilizado para apresentar a taxa de predação em porcentagem, quando houve diferenciação na taxa de predação de ninhos por táxon de predadores ou com diferentes estratégias de proteção de ninhos, também foi feito um somatório para apresentar a razão de ninhos predados em cada artigo. Há também artigos que, apesar de discorrerem sobre predação, não divulgaram número ou taxa de predação dos ninhos.

4. RESULTADOS

Foram selecionados 29 artigos de um total de 1628 resultados, que estão divididos em 1404 artigos pesquisados na base de dados *Science Direct* e 224 artigos disponíveis no site da Fundação Projeto TAMAR. Dentre os selecionados para o presente estudo, dois são notas (*short communication*), 26 são artigos científicos e, somente um trata-se de revisão bibliográfica, o mais recente foi publicado em 2020 e o mais antigo foi publicado no ano de 1980.

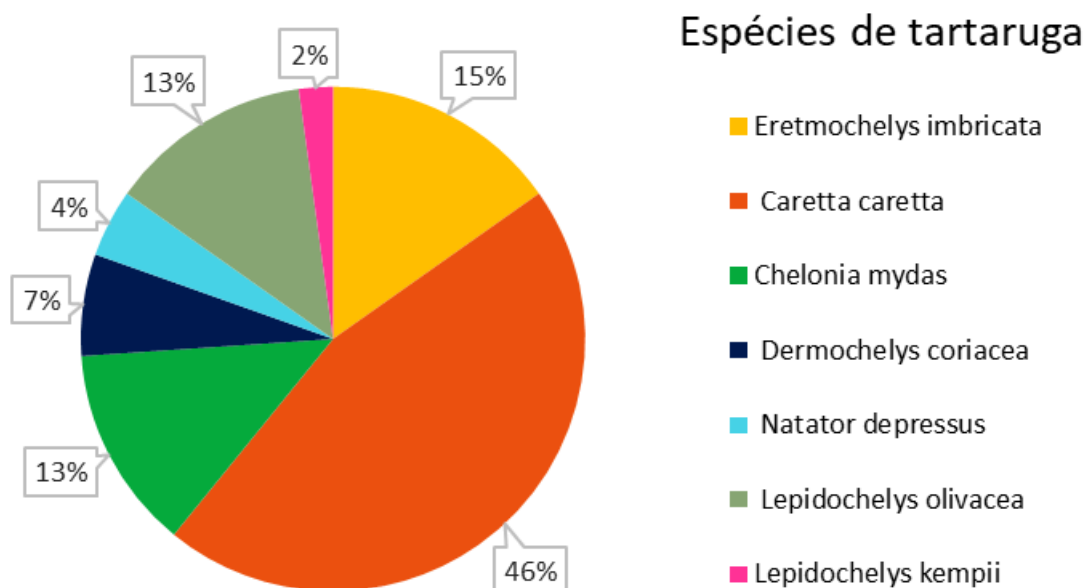
O número total de espécies estudadas em cada artigo variou de 2 a 95, com 100% dos artigos contendo outras espécies além de tartarugas marinhas. A maioria dos trabalhos (68, 96 %) investigou relações que ocorrem entre apenas uma espécie de tartaruga marinha com outros organismos (Figura 1), sendo *Caretta caretta* a espécie mais estudada (Figura 2).

Figura 1 - Percentual de artigos por número de espécies de tartarugas marinhas estudadas, incluídos na revisão literária efetuada.



Fonte: O autor, 2022.

Figura 2 - Percentual de artigos por espécie de tartaruga marinha abordada, incluídos na revisão literária efetuada.



Fonte: O autor, 2022.

A predação de ovos e filhotes mortos ou vivos foi a interação biológica com o maior número de citações. Foram registrados 61 táxons de organismos interagindo com os ninhos de tartarugas marinhas, dentre esses, 51 estavam exercendo predação, os caranguejos foram citados em 41,37 % (12) dos trabalhos como predadores significativos e recorrentes, sendo *Ocypode quadrata* a espécie mais citada, seguida das raposas com 27,58 % (8) e guaxinins do norte 24,13 % (7) (Tabela 1). A matéria orgânica proveniente da desova de tartarugas marinhas também foi apontada como fator de enriquecimento da vegetação local (MOSS,2017), além de influenciar a ocorrência da microbiota (HORNAVAR, SPOTILA e O'CONNOR, 2011), de insetos (SILVA, et al. 2016) e nematóides (LE GOUVELLO et al., 2017).

Tabela 1 - Lista de animais (classificados por espécie quando fornecido) que interagem com as desovas de tartarugas marinhas e o número de artigos em que foram citados com base na revisão literária efetuada.

Predação e outras interações com ovos, filhotes e ninhos inteiros de tartarugas marinhas	Nº de artigos
Dingos (<i>Canis lupus dingo</i>)	1
Cão doméstico (<i>Canis lupus familiaris</i>)	3
Chacal (<i>Canis aureus</i>)	1
Cachorro-do-mato (<i>Cerdocyon thous</i>)	2
Gato selvagem	1
Coioote (<i>Canis latrans</i>)	6
Raposas (<i>Urocyon cinereoargenteus</i>), (<i>Vulpes vulpes</i>)	8
Gambá (<i>Didelphis virginiana</i>)	1
Guaxinim do Norte (<i>Procyon lotor</i>)	7
Ratos	1
Lontra de rio do norte (<i>Lontra canadensis</i>)	1
Texugos de mel	1
Visão americano (<i>Mustela vison</i>)	1
Tatus (<i>Dasypus novemcinctus</i>), (<i>Euphractus sexcinctus</i> L.)	3
Lagartos-monitores (<i>Varanus panoptes</i>)	2
Sapos Cururus (<i>Rhinella jimi</i>)	1
Serpentes (<i>Lampropeltis getula</i>), (<i>Cemophora coccinea</i>), (<i>Pantherophis alleghaniensis</i>)	3
Fragatas (<i>Fregata aquila</i>)	1
Corvos (<i>Corvus brachyrhynchos</i>), (<i>Corvus ossifragus</i>)	2
Urubu (<i>Cathartes aura</i>)	1
Abutre-preto (<i>Coragyps atratus</i>)	1
Garças da noite	1
Gaivota-ocidental (<i>Larus occidentalis</i>)	1
Humanos	3

Predação e outras interações com ovos, filhotes e ninhos inteiros de tartarugas marinhas	Nº de artigos
Mangustos	2
Morcegos (<i>Chiroptera</i>)	1
Veado-de-cauda-branca (<i>Odocoileus virginianus</i>)	1
Porcos selvagens (<i>Sus scrofa</i>)	4
Caranguejos fantasma (<i>Ocypode quadrata</i>), (<i>Ocypode cursor</i>), (<i>O. cerato thalmus</i>) e (<i>Ocypode cordimana</i>)	12
Golfinhos roazes comuns (<i>Tursiops truncatus</i>)	1
Formigas (<i>Formicidae</i>)	4
Insetos (larvas: mosca - <i>Megaselia scalaris</i> , gafanhoto - <i>Acrididae</i>); (ordens: <i>Tachinidae</i> , <i>Piophilidae</i> , <i>Sarcophagidae</i> , <i>Calliphoridae</i> e <i>Phoridae</i>)	3
Colêmbolos	1
Ácaros	1
Halacarídeos	1
Nematoides: (gêneros: <i>Mesorhabditis</i> , <i>Chiloplacus</i> , <i>Ablechroiulus</i> , <i>Aphelenchus</i> , <i>Panagrolaimus</i> , <i>Heterocephalobus</i> , <i>Acrobeles</i> , <i>Plectus</i> , <i>Ditylenchus</i> , <i>Filenchus</i> , <i>Tylenchus</i> e <i>Malenchus</i>)	2
Microorganismos (aumento na diversidade e abundância relativa)	1

Fonte: O autor.

Dos tipos de influências que atuam sobre os ovos ou ninhos inteiros, as bióticas foram observadas em todos os estudos, e as abióticas foram observadas em 12 estudos, ou seja, em 41,37 % foram observados os dois tipos de relações. A influência abiótica mais estudada foram os eventos de marés extremas e, a influência biótica mais citada foi a predação, em 93,1 % (27) dos estudos. Dentre aqueles que apresentaram dado de predação, esta variou de 0 a 100% (Tabela 2), a taxa 0 de predação pôde ser observada a partir da adição de algumas estratégias de proteção de ninhos e contenção ou remoção de predadores. Dados de sucesso reprodutivo foram apresentados em 27 dos 29 artigos selecionados, e foi possível observar uma clara influência negativa da predação sobre o sucesso de maturação

e eclosão dos filhotes. Destes 27, apenas um artigo não apresenta dados que corroboram com esta influência negativa da predação na eclosão dos filhotes.

Tabela 2 - Dados sobre predação de ninhos de tartarugas marinhas nos artigos selecionados pela revisão literária efetuada.

Autores	Ano	Nº de ninhos	Taxa de predação (%) dos ninhos
Nordberg et al.	2019	360	30,2 %
Butler et al.	2020	19.158	44,87 %
Lovemore et al.	2020	45	40 %
Marco et al.	2015	5.449	98 %
Barton, B. T.; Roth J. D.	2008	54	65,07 %
Engeman et al.	2002	447	27,74 %
Engeman et al.	2019	158	87 %
Yerli et al.	1996	88	62,5 %
Engeman et al.	2010	342	36,54 %
Füsün Erk'akan	1992	235	80 %
V. E. Wood	1986	144	21,5 %
Le Gouvello et al.	2017	15	100%
Brown; Macdonald	1994	136	48,52 %
Stancyk; Talbert; Dean	1980	182	93,80%
Rodríguez; Álvarez-Castañeda	2016	43	81,40 %
Gorges et al.	2021	6.257	13 %

Autores	Ano	Nº de ninhos	Taxa de predação (%) dos ninhos
Brooke; Garnett	1983	68	5,90 %
Longo et al.	2009	635	22,8 %
Gandu et al.	2013	526	31,74 %
Silva, P. F. et al.	2016	52	46,15 %

Fonte: O autor.

5. DISCUSSÃO

Atualmente, na literatura disponível, a relação mais investigada entre desovas de tartarugas marinhas e outros organismos é a predação, podendo esta, em alguns casos, ser responsável por 100% de perda dos ninhos de uma praia, ou seja, pode chegar a ter um alto impacto para esses animais. Tendo em vista que seis das sete espécies de tartarugas marinhas estão ameaçadas de extinção em algum nível, segundo consulta feita à Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da União Internacional para a Conservação da Natureza (*International Union for Conservation of Nature – IUCN*) em 2022, este cenário torna-se ainda mais alarmante. A predação é um fator que ocorre naturalmente no ambiente, mas quando se trata de organismos invasores e sem predadores naturais, pode caracterizar um problema grave para o sucesso de eclosão de tartarugas marinhas ao redor do mundo. Espécies invasoras causam significativamente mais perdas de ovos do que espécies nativas (BUTLER et al., 2020). Porcos selvagens são predadores que podem causar redução drástica nos ninhos de tartarugas marinhas, se condicionado a se alimentar deles, quando aprendem a reconhecer as características dos ninhos e assim identificá-los na praia, um único animal consegue preda inteiramente vários ninhos em uma só noite (ENGEMAN et al., 2019).

Os seres humanos foram citados em mais de um artigo como predadores e, ainda hoje, realizam a prática de coleta de ovos para consumo em algumas praias. A ocorrência de alterações antrópicas nas praias de nidificação pode interferir na taxa de predação de ninhos de tartarugas por predadores naturais, como ocorre

com os caranguejos, que são atraídos pela presença de luzes artificiais, onde terão capacidade de distinguir com maior facilidade suas presas, incluindo os filhotes de tartarugas marinhas (SILVA et al., 2017). Guaxinins e caranguejos fantasmas são os principais predadores de *Caretta caretta* nas praias da Flórida, mas a predação por guaxinins pode limitar a predação por caranguejos fantasmas, já que os guaxinins também predam caranguejos (BARTON e ROTH, 2008).

O agrupamento de ninhos em incubatórios artificiais na Bahia acabou proporcionando a oportunidade para sapos cururus (*Rhinella jimi*), vindo provavelmente de vegetação próxima, predarem filhotes recém eclodidos de tartarugas cabeçudas (SERAFINI, ALMEIDA e LIMA, 2006). Em alguns dos estudos selecionados, além dos incubatórios artificiais e remoção de predadores, são discutidas outras práticas de contenção de predadores e sua eficácia, visando proteger os ninhos. A adição de malha plástica aos ninhos reduziu o sucesso de predação de dingos, mas não de lagartos-monitores ou de porcos selvagens, que resultaram em perda total de ovos em todos os eventos de predação registrados (NORDBERG et al., 2019). Considerável população de coiotes foi identificada predando 81,4 % dos ninhos de *Lepidochelys olivacea* em uma praia isolada, foi registrado também o abutre preto e uma espécie de gaivota consumindo os ovos após o coiote preda uma parte deles, sugerindo que os coiotes não costumam preda todos os ovos do ninho (RODRÍGUEZ e ÁLVAREZ-CASTAÑEDA, 2016). Na gestão de uma praia da Flórida, foram utilizadas gaiolas plásticas de liberação automática para reduzir a predação de ninhos por coiotes, o que ocorreu com sucesso (LOVEMORE, et al., 2020). A colocação de grades de malha de arame foi completamente bem sucedida, reduzindo o número de ninhos predados por raposas vermelhas a zero (YERLI et al., 1996), já o uso de bandeiras foi apontado como uma solução simples e de baixo custo para reduzir a predação de tartarugas marinhas por raposas no norte da Bahia (LONGO et al., 2009). Gandu et al., 2013 relatam o primeiro registro de predação de ninhos de tartarugas marinhas por tatus na Bahia, o uso de tela metálica acima dos ninhos se mostrou eficaz para diminuir a predação por cachorros-do-mato, mas não por tatus.

Foram listados aqui 61 táxons de predadores encontrados em 28 estudos, podemos assim notar que há uma vasta gama de organismos que podem se beneficiar da matéria orgânica proveniente dos ninhos, que por sua vez redistribuem nutrientes entre as dunas através de suas fezes. Em praias preservadas, onde a

interferência humana é muito menor, se comparadas com praias urbanizadas, a predação natural deve ser reconhecida como processo importante que é para o ecossistema (PAINE, 1966). Quando o fluxo das teias tróficas segue seu curso sem interferências, nos aproximamos do equilíbrio ecológico, onde as interações entre as espécies ocorrem para o bem da saúde do ambiente como um todo. Marco *et. al* (2015) apontaram que ninhos predados por caranguejos de maior tamanho sofreram uma taxa de predação mais baixa do que os predados por caranguejos menores, sugerindo que esses caranguejos dominantes maiores reduziram o acesso de outros caranguejos ao ninho que atacam.

Além da ocorrência de predação, a matéria orgânica e os nutrientes provenientes da desova de tartarugas marinhas foram apontados como fator de enriquecimento da vegetação local (MOSS, 2017) e, portanto, de animais dependentes dessa vegetação. Foram também frequentemente observados tapetes de raízes que perfuraram vários ovos em pelo menos quatro ninhos de tartarugas-de-couro e quatro ninhos de tartarugas verdes (WHITMORE e DUTTON, 1985). O enriquecimento da vegetação também ajuda a manter o ambiente de nidificação das tartarugas marinhas, contendo a erosão local (MOSS, 2017).

A ocorrência da microbiota foi influenciada pela presença de ovos violados/quebrados de *Lepidochelys olivacea*, aumentando assim a diversidade e abundância relativa de filotipos bacterianos (HORNARVAR, SPOTILA e O'CONNOR, 2011) e as comunidades de nematóides, tiveram sua densidade positivamente influenciada pela presença dos ninhos de *Caretta caretta* (TSIAFOULI et al., 2020; LE GOUVELLO et al., 2017), assim como a abundância de larvas de insetos, colêmbolos e ácaros halacarídeos foi influenciada positivamente (LE GOUVELLO et al., 2017).

A partir da análise do enfoque de cada artigo selecionado para esta revisão, percebe-se que há mais trabalhos que abordam interações que impactam negativamente as tartarugas marinhas, como a predação por organismos invasores, do que estudos que tratam dos benefícios provenientes das tartarugas para o ambiente, como a transferência de energia através da matéria orgânica, seja pela nidificação ou pela decomposição de suas carcaças. Algumas temáticas como a influência dos ninhos na ocorrência de microorganismos, insetos e da meiofauna são ainda pouquíssimo abordadas na produção de conhecimento científico atual. A partir disso, torna-se necessário o incentivo à realização de mais pesquisas focadas

nessas temáticas, para que se possa elucidar algumas questões como: em que escala e frequência as influências ocorrem e apontar as possíveis causas e reações em cadeia que ocorrem a partir delas nas praias arenosas.

6. CONCLUSÕES

- A relação mais investigada entre desovas de tartarugas marinhas e outros organismos da biocenose de praias arenosas é a predação, podendo esta ocorrer com predadores nativos ou invasores; estes últimos podem chegar a pregar 100% dos ninhos de uma praia durante uma mesma temporada reprodutiva.
- As desovas de tartarugas marinhas nas praias disponibilizam matéria orgânica para outros níveis tróficos do ecossistema, servindo de alimento para predadores e influenciando positivamente a microbiota, a vegetação, a meiofauna local e a ocorrência de determinados insetos.
- Os táxons de predadores de ovos e filhotes de tartarugas marinhas mais frequentes dentre os artigos selecionados para esta revisão são caranguejos fantasmas, raposas e guaxinins.

7. REFERÊNCIAS

BARTON, B. T.; ROTH, J. D. Implications of intraguild predation for sea turtle nest protection. **Biological Conservation**, vol. 141, 2008.

BOUCHARD, S.; BJORN DAL, K. Sea turtles as biological transporters of nutrients and energy from marine to terrestrial ecosystems. **Ecology**, Flórida, vol. 81, p. 2305–2313, 2000.

BJORN DAL, K.A. Foraging ecology and nutrition of sea turtles. In: Lutz, P.L., Musick, J.A., (editors). **The biology of sea turtles**, vol. 1, CRC Press, Florida, 1997, p.199-232.

BJORN DAL, K.; JACKSON, J. Roles of sea turtles in marine ecosystems: reconstructing the past. In P. L. Lutz, J. A. Musick, and J. Wyneken (Eds.). **Biology of sea turtles**, Florida, CRC Press, Boca Raton, 2003, p. 259–273.

BROOKE, M. L.; GARNETT, M.C. Survival and reproductive performance of Hawksbill turtles *Eretmochelys imbricata* L. on Cousin Island, seychelles. **Biological Conservation**, 1983, vol. 25, pp. 161-170.

BROWN, L.; MACDONALD, D.W. Predation on green turtle *Chelonia mydas* nests by wild canids at Akyatan beach, Turkey. **Biological Conservation**, vol. 71, 1995.

BUTLER, Z.; ONDICH, B.; GASKIN, J.; NORTON, T.; STEEN, D.; & SORG, B.; BISHOP, G. *Cemophora coccinea* (Scarlet snake): Foraging Behavior. **Herpetological Review**, Natural History Notes, vol. 50, pp. 151, 2019.

CORNELIUS, S.E.; RAUZ, R.; FRETEY, J.; GODFREY, M.H.; MARQUEZ, M.R.; SHANKER, K. Effects of land-based harvest of *Lepidochelys*. In: Plotkin, P.T. (Ed.), **Biology and Conservation of Ridley Sea Turtles**. Johns Hopkins University Press, Baltimore, 2007, .p. 231–251.

DEFEO, O.; MCLACHLAN, A.; SCHOEMAN, D.S.; SCHLACHER, T.A.; DUGAN, J.; JONES, A.; LASTRA, M., SCAPINI, F. Threats to sandy beach ecosystems: a review. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** vol. 81, p. 1-12,2009.

ENGEMAN, R. M.; BYRD, R. W.; DOZIER, J.; MCALISTER, M. A.; EDENS, J. O.; KIEREPKA, E. M.; SMYZER, T. J.; MYERS, N. Feral swine harming insular sea turtle reproduction: The origin, impacts, behavior and elimination of an invasive species. **Acta Oecologica**, vol. 99, 2019.

ENGEMAN, R. M.; MARTIN, R.E.; CONSTANTIN,B.; NOEL, R.; WOOLARD, J. Monitoring predators to optimize their management for marine turtle nest protection. **Biological Conservation**, vol. 113, 2003.

ENGEMAN R. M.; DUFFINEY, A.; BRAEM, S.; OLSEN, C.; CONSTANTIN, B.; SMALL, P.; DUNLAP, J.; GRIFFIN.,J.C. Dramatic and immediate improvements in insular nesting success for threatened sea turtles and shorebirds following predator management. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, vol. 395,2010.

ERK'AKAN, F. Nesting biology of loggerhead turtles *Caretta caretta* L. on Dalyan Beach, Mugla-Turkey. **Biological Conservation**, vol. 66, 1993.

GANDU, M. D.; LÓPEZ-MENDIAHARSU, M.; GOLDBERG, D. W.; LOPEZ, G. G.; TOGNIN, F. Predation of Sea Turtle Nests by Armadillos in the Northern Coast of Bahia, Brazil. **Marine Turtle Newsletter**, N°. 139, p. 13, Brasil, 2013.

GORGES, I. S.; CERIANI, S. A.; WARE, M.; LAMB, M.; LAMONT, M.; BECKER, J.; CARTHY, R. R.; MATHECHIK, C.; MITCHELL, J.; PRUNER, R. ; REYNOLDS, M.; SMITH, B.; SNYDER, C.; FUENTES, M.M.P.B. Using systems thinking to inform management of imperiled species: A case study with sea turtles. **Biological Conservation**, vol. 260, 2021.

GLEN, F.; BRODERICK, A.C.; GODLEY, B.J.; HAYS, G.C. Thermal control of hatchling emergence patterns in marine turtles. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, vol. 334, 2006.

- HANNAN, L.; ROTH, J.; ERHART, L.; WEISHAMPEL, J. Dune Vegetation Fertilization by Nesting Sea Turtles. **Ecology**, Flórida, vol. 88, n. 4, p. 1053-1058, 2007.
- HEDLUND, K.; GRIFFTHS, B.; CHRISTENSEN, S.; SCHEU, S.; SETALA, H.; TSCHARNTKE, T.; VERHOEF, H.; Trophic interactions in changing landscapes: responses of soil food webs. **Basic Appl. Ecol.**, vol. 5, p. 495–503, 2004.
- HONARVAR, S., SPOTILA, J. R.; O'CONNOR, M. P. Microbial community structure in sand on two olive ridley arribada nesting beaches, Playa La Flor, Nicaragua and Playa Nancite, Costa Rica. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, vol. 409, 2011.
- LE GOUVELLO, M.D.Z.; NEL, R.; HARRIS, L. R.; BEZUIDENHOUT, K. The response of sandy beach meiofauna to nutrients from sea turtle eggs. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, vol. 487, 2017.
- LONGO, G.; PAZETO, F.; ABREU, J.; FLOETER, S. Flags Reduce Sea Turtle Nest Predation by Foxes in NE Brazil. **Marine Turtle Newsletter**, vol. 125. 1-3, 2019.
- LOVEMORE T.E.J.; MONTERO, N.; CERIANI, S. A.; FUENTES, M.M.P.B. Assessing the effectiveness of different sea turtle nest protection strategies against coyotes. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, vol. 533, 2020.
- LUTCAVAGE, M. E.; PLOTKIN, P.; WITHERINGTON, B. E.; LUTZ, P. L. Human impacts on sea turtle survival. In: LUTZ, P. L.; MUSICK, J. A. (Eds) **The biology of sea turtles**, Flórida, CRC Press: Boca Raton, 1997. p. 387-409.
- MARCO A., GRAÇA, J.; GARCÍA-CERDÁ, R.; ABELLA, E.; FREITAS, R. Patterns and intensity of ghost crab predation on the nests of an important endangered loggerhead turtle population. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, vol. 468, 2015.
- MARTINS, M.R.C.; MOLINA, F.B. Panorama Geral dos Répteis Ameaçados do Brasil. In: Machado, A.B.M., Drummond G.M., Paglia A.P., (editores). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. Brasília, DF: MMA; Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. Biodiversidade, 2008, vol. 19., p. 326-377.
- MARGARITOULIS, D.; TSAROS, P. Caretta caretta (Loggerhead sea turtle) predation. **Herpetological review**, vol. 50, pp. 766-767, 2019.
- MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D. G. for the PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **PLoS Med.**, vol. 6, 2009.
- MOSS, B. Marine reptiles, birds and mammals and nutrient transfers among the seas and the land: An appraisal of current knowledge. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, vol 492, p 63-80, Liverpool, 2017.
- MCLACHLAN, A.; BROWN, A.C. The Ecology of Sandy Shores. Second Edition, **Academic Press**, Burlington, 2006, p. 373.

MCLACHLAN, A.; MCGWYNNE, L.E. Do Sandy Beaches Accumulate Nitrogen? **Marine Ecology Progress Series**, vol. 34, p. 191-195, 1986.

MUSICK, J. A. e C. J. LIMPUS. Habitat utilization and migration in juvenile sea turtles. Páginas 137-163 In P. L. Lutz e J. A. Musick (editores). **The biology of sea turtles**. CRC Press, Boca Raton, USA, 1997.

NELLIS, D.; SALL, V. Mongoose Predation on Sea Turtle Eggs and Nests. **Biotropica**, vol. 15, p. 159-160, 1983.

NORDBERG, E. J.; MACDONALD, S.; ZIMNY, G.; HOSKINS, A.; ZIMNY, A.; SOMAWEERA, R.; FERGUNSON, J.; PERRY, J. An evaluation of nest predator impacts and the efficacy of plastic meshing on marine turtle nests on the western Cape York Peninsula, Australia. **Biological Conservation**, vol. 238, 2019.

O'DEA, R.; LAGISZ, M.; JENNIONS, M.; KORICHEVA, J.; NOBLE, D.; PARKER, T.; GUREVITCH, J.; PAGE, M.; STEWART, G.; MOHER, D. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses in ecology and evolutionary biology: a PRISMA extension. **Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society**, vol. 96. 10.1111/brv.12721, 2021.

PAINE, T. P. Food Web Complexity and Species Diversity. **The American Naturalist**, vol. 100, No. 910, pp. 65-75, Chicago, 1966.

REYES-MARTINEZ, M. J.; LERCARI, D.; RUÍZ-DELGADO, M. C.; SÁNCHEZ-MOYANO, J. E.; JIMÉNEZ-RODRÍGUEZ, A.; PÉREZ-HURTADO, A.; GARCÍA-GARCÍA, F. J. Human Pressure on Sandy Beaches: Implications for Trophic Functioning. **Estuaries and Coasts**, vol. 38, p. 1782-1796, 2014.

RODRÍGUEZ, L. M.; ÁLVAREZ-CASTAÑEDA, S. T.. Predation on turtle nests in the southwestern coast of the Baja California Peninsula. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, vol. 87, pp 483-488, 2016.

SERAFINI, T. Z.; ALMEIDA, A. P.; LIMA, M. F. *Caretta caretta* (Loggerhead sea turtle) predation. 2006

SILVA, E.; MARCO A., GRAÇA, J.; PÉREZ, H.; ABELLA, B.; PATINO-MARTINEZ, J.; MARTINS, S.; ALMEIDA, C. Light pollution affects nesting behavior of loggerhead turtles and predation risk of nests and hatchlings. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, vol. 173, 2017.

SILVA, P. F.; CHAVES, M. F.; SANTOS, M. G.; SANTOS, A. J. B.; MAGALHÃES, M. S.; ANDREAZZE, R.; MOURA, G. J. B. Insect Infestation of Hawksbill Sea Turtle Eggs in Rio Grande do Norte, Brazil. **Chelonian Conservation and Biology**, vol. 15, pp.147–153, 2016.

STANCYK, S.E.; TALBERT, O. R.; DEAN, J.M. Nesting activity of the loggerhead turtle *Caretta caretta* in South Carolina, II. protection of nests from raccoon predation by transplantation. **Biological Conservation**, vol. 18, pp 289-298,1980.

TSIAFOULI, M. A.; DIMITRIADIS, C.; BOUTSIS, G.; MAZARIS, A. D. Nematode community characteristics are associated to loggerhead turtle hatching success. **Ecological Indicators**, vol. 111, 2020.

UURBANEK, R. E.; SUTTON, H. Mesocarnivore presence and behavior on a barrier island during sea turtle nesting season. **Ocean & Coastal Management**, vol. 178, 2019.

VELOSO, V. G.; NEVES, G. Praias arenosas. In: PEREIRA, R. C.; GOMES, A. S. (Eds.). **Biologia Marinha**, 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência. p. 339-359. 2009.

WAGG, C.; BENDER, S.F.; WIDMER, F.; VAN DER HEIJDEN, M.G.A. Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, vol. 111, p. 5266–5270, .2014.

WHITMORE, C. P.; DUTTON, P. H. Infertility, embryonic mortality and nest-site selection in leatherback and green sea turtles in Suriname. **Biological Conservation**, vol. 34,pp 251-272, 1985.

WOOD, V.E. Breeding success of hawksbill turtles *Eretmochelys imbricata* at Cousin island, seychelles and the implications for their conservation. **Biological Conservation**, vol. 37, 1986.

YERLI, S., CANBOLAT, A.F.; BROWN, L.J.; MACDONALD, D.W. Mesh grids protect loggerhead turtle *Caretta caretta* nests from red fox *Vulpes vulpes* predation. **Biological Conservation**, vol. 82,1997.

Zachary P. Butler, Seth J. Wenger, Joseph B. Pfaller, Mark G. Dodd, Breanna L. Ondich, Scott Coleman, Jaynie L. Gaskin, Nancy Hickey, Kimberly Kitchens-Hayes, Robert K. Vance, Kristina L. Williams. Predation of loggerhead sea turtle eggs across Georgia's barrier islands. **Global Ecology and Conservation**, vol. 23, 2020.

ZANDEN, V.B.H.; BJORNDAL, K.A.; INGLETT, W.P.; BOLTEN, B.A. Marine-derived Nutrients from Green Turtle Nests Subsidize Terrestrial Beach Ecosystems. **Biotropica**,Flórida, vol. 44, pág. 294-30, 2012.

III. CAPÍTULO 2: Resposta da meiofauna às desovas de tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*) em uma praia urbanizada no nordeste do Brasil.

RESUMO

Ecossistemas separados espacialmente, como o oceano e o continente, são frequentemente ligados por fluxos de nutrientes. As entradas de nutrientes podem ser transferidas por vetores físicos ou por vetores bióticos. Na interface entre esses ecossistemas temos as praias arenosas, onde ocorrem as desovas de tartarugas marinhas, que é restrita às costas tropicais e subtropicais adjacentes a oceanos oligotróficos. Através da nidificação, esses animais transportam anualmente quantidades substanciais de nutrientes para as praias. Esta matéria orgânica derivada dos ovos de tartarugas, estando diretamente disponível para predadores, catadores e detritívoros, influencia a dinâmica trófica da comunidade das praias arenosas. Este estudo tem o intuito de observar a resposta da meiofauna às desovas de tartaruga-de-pente em uma praia arenosa, a partir da hipótese de que a estrutura da comunidade meiofaunal é afetada positivamente pelas condições propiciadas pelos ninhos. Foram coletadas amostras de sedimento de dentro e de fora dos ninhos (controle) em diferentes estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) para extração da meiofauna, que foi identificada e contabilizada em nível de grupo zoológico, ao menor nível taxonômico possível. A riqueza e densidade da meiofauna foram mais elevadas dentro dos ninhos em comparação com o ambiente controle (fora dos ninhos), com uma resposta particularmente forte para os nematoides.

Palavras-chave: praia arenosa, ecologia trófica, nidificação de tartarugas marinhas, tartaruga-de-pente, meiofauna.

ABSTRACT

Spatially separate ecosystems, such as the ocean and the continent, are often linked by nutrient flux. Nutrient inputs can be transferred by physical vectors or by biotic vectors. At the interface between these ecosystems, we have sandy beaches, where sea turtles spawns occurs, which is restricted to tropical and subtropical coasts adjacent to oligotrophic oceans. Through nesting, these animals annually transport substantial amounts of nutrients to beaches. This organic matter derived from turtle eggs, being directly available to predators, scavengers and detritivores, influences the trophic dynamics of the sandy beach community. This study aimed to observe the meiofaunal response to hawksbill turtle spawning on a beach in Ceará, based on the hypothesis that the meiofaunal community structure is positively affected by the conditions provided by the nests. Sediment samples were collected from inside and outside the nests (control) in different depth strata (surface, middle and bottom) for extraction of meiofauna, which was identified and accounted for at the zoological group level, at the lowest taxonomic level possible. Meiofauna richness and density were higher within the nests compared to the control environment (outside the nests), with a particularly strong response for nematodes.

Keywords: sandy beach, trophic ecology, sea turtle nesting, hawksbill, meiofauna.

1. INTRODUÇÃO

Ecossistemas separados espacialmente, como o oceano e o continente, são frequentemente ligados por fluxos de nutrientes (POLIS *et al.*, 1997). As entradas de nutrientes podem ser transferidas por vetores físicos (como vento e água) ou por vetores bióticos (ZANDEN *et al.*, 2012). Na interface entre esses ecossistemas temos as praias arenosas, que apesar de fornecer habitat para uma diversidade de vida, incluindo invertebrados, peixes e aves, são caracterizadas por baixa produtividade primária (MCLACHLAN; BROWN, 2006), o que acarreta em menor disponibilidade de recursos alimentares. Portanto, suas teias alimentares são basicamente apoiadas por subsídios alóctones, tais como pedaços de macrófitas, algas, ervas marinhas, e carcaças de animais encalhados (MCLACHLAN; BROWN, 2006). A conectividade por meio de movimentos de animais entre habitats, nas praias arenosas, muitas vezes vincula a produtividade de sistemas marinhos a um sistema terrestre menos produtivo. O transporte de nutrientes pode ocorrer quando os animais forrageiam em um local e defecam em outro, por exemplo (POLIS; HURD, 1996; FARINÃ *et al.*, 2003; CRAIT; DAVID, 2007).

Outro exemplo de conectividade entre ecossistemas é a desova de tartarugas marinhas, que é restrita às costas tropicais e subtropicais adjacentes a oceanos oligotróficos (RAYMONT, 1980; SCHLOSSER *et al.*, 2014). Na região centro-leste da Flórida, através da nidificação, esses animais transportam anualmente quantidades substanciais de nutrientes, vindo de campos de forrageamento centenas a milhares de quilômetros de distância, no Caribe e Golfo do México (BOUCHARD; BJORN DAL, 2000). Além de funcionar como transportadores de nutrientes entre os ecossistemas, funcionam como interfaces biogeoquímicas (HANNAN *et al.*, 2007), ajudando a manter seu próprio ambiente de nidificação, pois fornecem subsídios de nutrientes que fertilizam a vegetação das dunas, indiretamente contribuindo para a contenção da erosão (ZANDEN *et al.*, 2012). Um desses nutrientes é o nitrogênio (N), que deriva do oceano e pode ser encontrado nos sedimentos de praias arenosas, onde é absorvido pela vegetação costeira (HANNAN *et al.*, 2007). Como as plantas têm ramificações para o crescimento e reprodução, os efeitos do fluxo de nutrientes podem ser transferidos para a cadeia alimentar (ZANDEN *et al.*, 2012).

Nutrientes e energia contidos em um ninho de tartaruga marinha podem seguir vários caminhos: para aqueles ovos que eclodem com sucesso, a maioria dos nutrientes retorna para o ecossistema marinho na forma de filhotes. No entanto, uma pequena porção de nutrientes permanece na praia na forma de fluido cório-alantóide e cascas de ovos. Muitos ninhos também contêm ovos em vários estágios de desenvolvimento e alguns acabam por não desenvolver ou eclodir, permanecendo assim no sedimento. A matéria orgânica que permanece na câmara do ninho irá entrar nas cadeias alimentares detriticas e decompositoras, sendo aproveitados por organismos como bactérias, fungos, meiobentos, formigas, larvas de moscas e besouros; e caranguejos (DODD, 1988; STANCYK, 1982; BJORN DAL *et al.*, 1985; IVERSON; PERRY, 1994; BOUCHARD; BJORN DAL, 2000). Esta matéria orgânica derivada dos ovos de tartarugas, estando diretamente disponível para predadores, catadores e detritívoros, influencia a dinâmica da comunidade das praias arenosas com a ocorrência anual de nidificação (MADDEN *et al.* 2008). Os fenômenos chamados de arribada, que são migrações massivas de tartarugas marinhas para nidificar, podem impactar ainda mais os ecossistemas de praias arenosas (BOUCHARD; BJORN DAL, 2000), aportando grandes quantidades de matéria orgânica para o ambiente. O sucesso de eclosão varia entre espécies e regiões, podendo ser afetado por inúmeros fatores como a ocorrências de ressacas do mar e tempestades, incluindo também fatores antrópicos, tais como: compactação dos ninhos por pisoteio intenso, tráfego de veículos, presença de substâncias tóxicas no sedimento, dentre outros. Fatores antrópicos podem reduzir significativamente a taxa de nascimentos (LUTCAVAGE *et al.*, 1997).

Grande parte das praias de desova de tartarugas marinhas são influenciadas por atividades humanas, mas seu dinamismo é regido naturalmente fatores físicos naturais, como altura e velocidade das ondas, declive, tamanho dos grãos de sedimento, parâmetros meteorológicos locais, dentre outros (BJORN DAL *et al.* 1985; MORTIMER 1990; HENDRICKSON, 1982; REINA *et al.* 2002), o que leva a biota de praia a desenvolver diferentes habilidades de adaptação ao dinamismo e às condições hostis, características desses ambientes (DEFEO *et al.*, 2009). Exemplo de organismos que têm sua distribuição particularmente afetada por esses parâmetros é a meiofauna. Ao conhecer melhor estes organismos e suas interações com o espaço físico e os recursos disponíveis, podemos entender, a partir de uma

escala reduzida, como ocorrem relações tróficas complexas e essenciais nos ambientes de praias arenosas. Dentro das teias alimentares de praias arenosas, a meiofauna desempenha um papel importante no fluxo de energia dos sistemas bentônicos, servindo de alimento para a própria meiofauna, para macrobentos e peixes (COULL, 1988). Além disso, atua na remineralização de detritos orgânicos tornando-os disponíveis para o mesmo nível trófico e para níveis tróficos superiores (TENORE *et al.*, 1977). Até agora, poucos estudos investigaram a relação das comunidades meiofaunais com os ninhos de tartarugas marinhas (LE GOUVELLO *et al.*, 2017a; TSIAFOULI *et al.*, 2020). Nestes poucos estudos, filhotes mortos que ficaram presos no ninho, ovos em decomposição e resíduos que permanecem após a eclosão das tartarugas, fornecem matéria orgânica para a comunidade de decompositores, o que pode afetar positivamente a meiofauna, especialmente a abundância de nematóides, que podem representar mais de 50% da abundância total da meiofauna (HIGGINS e THIEL, 1988).

Segundo Ruppert *et al.* (2005), estes animais de corpo delgado, cilíndrico e não segmentado não possuem fase larval planctônica e podem ocupar diferentes posições na teia trófica bentônica, alimentando-se de detritos, bactérias, microalgas, protistas e outros metazoários. Características versáteis como alta abundância e diversidade, ampla distribuição, baixo tempo de geração e taxas metabólicas rápidas, tornam os nematóides muito bem sucedido nos ambientes e, úteis para estudos que visem entender como se expressa a disponibilidade de recursos e o seu uso pela fauna ao longo da face de praia (GHESKIERE *et al.*, 2004; ZEPILLI *et al.*, 2015). No ambiente intersticial, os principais fatores responsáveis pelo desenvolvimento da meiofauna são o tamanho do grão e os diferentes fatores físico-químicos (COULL, 1988), dentre os quais destaca-se a matéria orgânica, por representar recursos alimentares que podem causar a agregação e proliferação de organismos. Neste sentido, entende-se que o potencial aporte de material orgânico pelas desovas de tartarugas marinhas pode ser de grande relevância para as teias alimentares do sistema bentônico de praias arenosas.

A capacidade de proteger adequadamente um ecossistema e suas espécies depende significativamente da compreensão do papel dos principais componentes bióticos que mantêm processos ecológicos ocorrendo, como o ciclo dos nutrientes e

o fluxo de energia. Embora os papéis ecológicos das tartarugas marinhas no ecossistema marinho sejam bem estudados como presa, consumidor, competidor, hospedeiro e engenheiro do ambiente físico, há poucas pesquisas que relatem a resposta de outros organismos à presença de ninhos nas praias arenosas (BJORNDAL; JACKSON, 2003). Portanto, conhecer a contribuição ecológica das tartarugas marinhas na manutenção da estrutura e saúde ambiental das praias arenosas, é necessário tanto para a conservação deste ecossistema como destes animais (ZANDEN *et al*, 2012). Desta forma, escolheu-se a praia do Futuro para esta pesquisa, pois a mesma não foi, até então, alvo de estudos com meiofauna, além de registrar desovas recorrentes de *Eretmochelys imbricata* (tartaruga-de-pente). Sendo pioneiro e necessário para o conhecimento da composição meiofaunística local, este trabalho apresenta respostas da meiofauna às desovas de tartarugas marinhas em uma praia urbanizada. Espera-se que a densidade da meiofauna seja afetada positivamente, especialmente pela possível entrada de matéria orgânica derivada das desovas de tartarugas.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

- Avaliar a resposta da meiofauna de praia arenosa à presença dos ninhos de tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*).

2.2. Específicos

- Comparar a estrutura da meiofauna dentro e fora dos ninhos de tartaruga-de-pente.
- Avaliar a distribuição vertical da meiofauna dentro e fora dos ninhos de tartaruga-de-pente.
- Verificar se as métricas de reprodução da tartaruga podem apresentar correlações com as potenciais mudanças na estrutura da meiofauna.

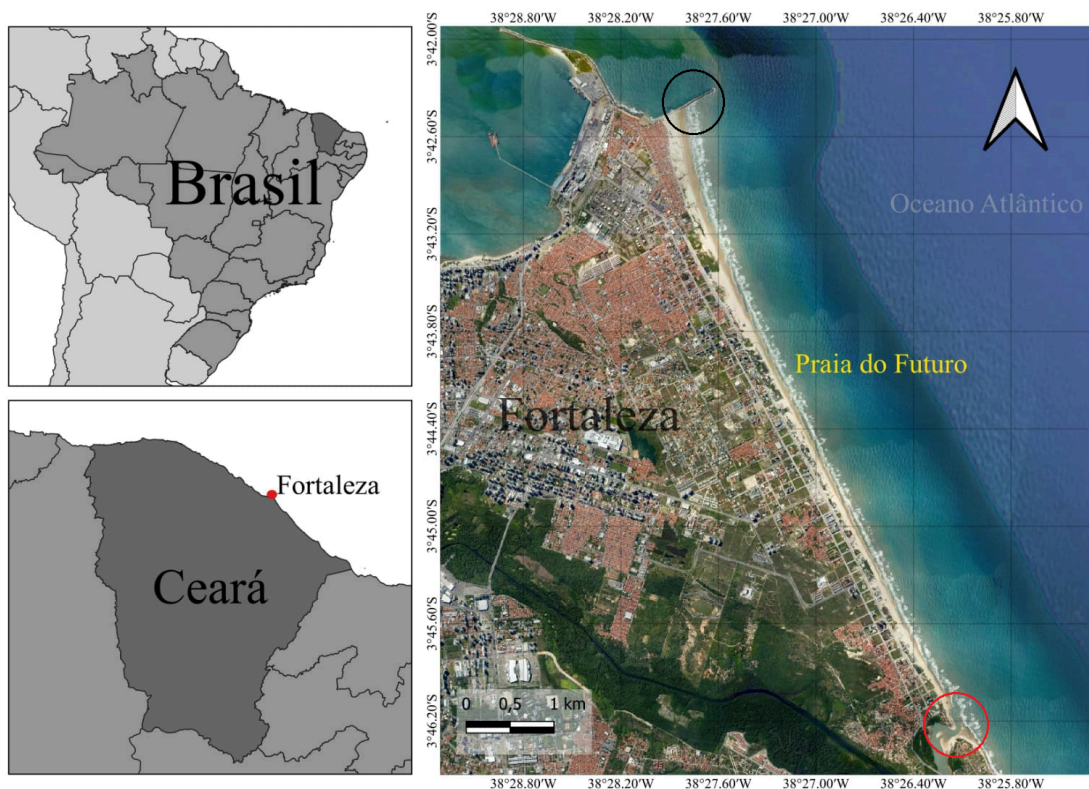
3. METODOLOGIA

3.1. Área de Estudo

A cidade de Fortaleza está localizada na planície litorânea do estado do Ceará, nordeste do Brasil, e abrange uma área de aproximadamente 336 km², a uma altitude de 22 a 26,36 metros em relação ao nível do mar (MENEZES *et al.*, 2006). O regime pluviométrico do município é caracterizado por uma estação chuvosa e outra seca, definido pela concentração de chuvas no primeiro semestre, no qual ocorre quase 90% das chuvas no ano, estas condições estão associadas aos movimentos da Zona de Convergência Intertropical “ZCIT” (PDDU - FORTALEZA, 1997).

Os ninhos amostrados durante esta pesquisa estavam localizados em uma praia urbanizada do município de Fortaleza, a Praia do Futuro (Figura 1), que possui aproximadamente 8 km de extensão, sendo sua área limitada a leste pela desembocadura do rio Cocó e a oeste pelo espigão do Titanzinho. Nesta praia há ocorrência de meso-marés semi-diurnas e distribuição de sedimentos quartzosos bimodais e polimodais (MENEZES *et al.*, 2006). Ao longo de sua extensão podem ser observados diferentes estágios morfodinâmicos, de dissipativo à reflexivo, em diferentes setores (ALBUQUERQUE *et al.*, 2009). Em relação às outras praias da região metropolitana da capital cearense, ela é a que apresenta maior infraestrutura de lazer, possuindo barracas, restaurantes, hotéis, clubes, piscinas e brinquedos para crianças, assim como vias de acesso e estacionamento em toda a sua extensão. Trata-se de uma das localidades mais procuradas pela população e por turistas, principalmente nos meses de novembro a janeiro e junho a agosto.

Figura 1 - Localização da área de estudo: praia do Futuro, Fortaleza, Ceará; (circulado de preto encontra-se o espigão do Titanzinho e circulado de vermelho está a foz do rio Cocó).



Fonte: O autor, 2022.

3.2. Coleta de dados dos ninhos e amostragem da meiofauna

3.2.1. Nidificação

Os ninhos de tartaruga-de-pente foram registrados através de monitoramentos de praia realizados pelo Projeto Gtar-Verdeluz em parceria com o Corpo de Bombeiros Militar do Ceará. Os dados utilizados foram da temporada de nidificação 2020/2021, que vai de dezembro a julho na praia em questão. Os monitoramentos ocorreram quinzenalmente neste período, devido à pandemia mundial da Covid-19, na qual ocorreu a diminuição da frequência dos monitoramentos de nidificação do Projeto Gtar-Verdeluz. Estes ocorreram no turno da manhã a partir das 8h, na faixa de praia entre as regiões do Serviluz e praia do Futuro, com aproximadamente 8 km de costa. Como é maior a possibilidade da

desova ocorrer no período da noite (SILVA, 2001; MARCOVALDI, 1987), a intenção foi avistar, ainda pela manhã, as marcas deixadas pelas fêmeas antes da interferência de outros fatores que poderiam apagar tais indícios, como tráfego na praia e ação das ondas e marés.

Os ninhos foram identificados em monitoramentos mediante a observação de rastros deixados na areia pelas fêmeas, e através da observação de depressões com posterior acúmulo de areia em determinada área fora da linha de maré, que pode indicar a presença de um ninho (MARCO *et al*, 2012). Além disso, registrou-se informações fornecidas por frequentadores da praia, policiais e bombeiros, que relataram ter visto rastros ou uma fêmea desovando. A cada registro de ninho foram coletados dados de referência do local e data de postura, bem como a localização geográfica, estimada com o auxílio de aparelho GPS ou via Google Earth® e GPS MapCam®. A previsão da data de eclosão dos ninhos foi estimada a partir da data de comunicação/registro da desova, contando-se 55 dias após a postura do ninho (MILLER, 1997). Para haver certeza da eclosão dos ninhos, nos ninhos em que a eclosão não foi flagrada durante os monitoramentos, no intervalo de 55 a 60 dias após a data de postura, foram observados diariamente se havia presença de vestígios de nascimento, como rastros de filhotes, presença de cascas de ovos na superfície e afundamento da câmara de desova (MARCO *et al*, 2012), quando esses indícios eram identificados o ninho era então cavado e a data de eclosão registrada.

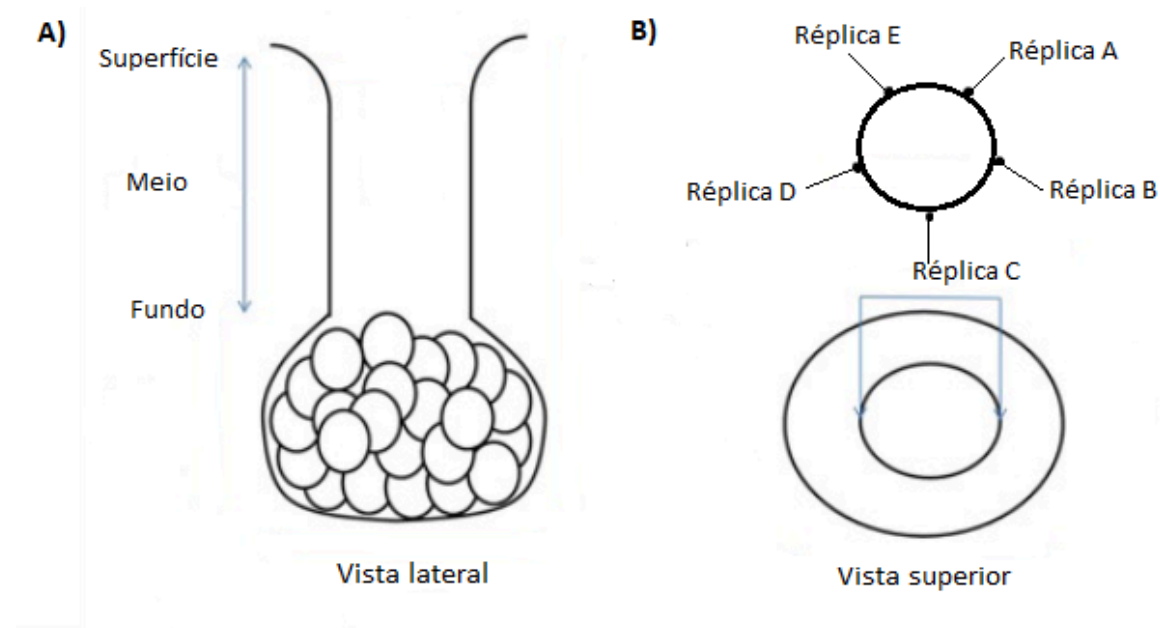
3.2.2. Amostragem de meiofauna

Dentre os ninhos de *Eretmochelys imbricata* registrados na temporada de nidificação 2020/2021, foram considerados os nove primeiros avistados para amostragem de meiofauna, devido ao grau de incerteza da distribuição e número total (na temporada em questão) de ninhos ao longo da praia. A amostragem da meiofauna foi realizada em torno de 10 dias após a eclosão dos ninhos acompanhados. Cada ninho foi cavado até a profundidade em que estavam os primeiros ovos, sendo esta considerada como profundidade de “fundo” do ninho.

As amostras de meiofauna dentro do ninho (DN) foram retiradas em três estratos de profundidade: 1) Superfície: correspondendo a subsuperfície da câmara de ovos, 2) Meio: correspondendo a profundidade mediana entre a superfície e o

“fundo” do ninho e 3) Fundo: correspondendo a profundidade na qual se encontravam os primeiros ovos (Figura 2A). Então, utilizando-se um cilindro de PVC, com diâmetro de 2,5cm e altura de 5cm, retirou-se cinco amostras em cada estrato, introduzindo-o horizontalmente até que seu conteúdo fosse totalmente preenchido com sedimento. As réplicas dos estratos foram distribuídas uniformemente ao longo do perímetro das respectivas secções dos estratos (Figura 2B). A profundidade média dos ninhos no estrato que corresponde ao fundo foi de 27cm ($Dp = \pm 6,22$), sendo a profundidade média do estrato do meio 13,5cm ($Dp = \pm 2,15$).

Figura 2 - Desenho amostral para a obtenção das amostras de meiofauna dentro do ninho da tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*) na praia do Futuro, em janeiro de 2021; A) Estratos verticais amostrados B) Representação da secção correspondente ao estrato com a distribuição das réplicas amostrais.



Fonte: Adaptado de Najwa-Sawawi et al. (2021).

Figura 3 - Obtenção de uma amostra de meiofauna no estrato de superfície dentro do ninho da tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*) na praia do Futuro, em janeiro de 2021.



Fonte: O autor, 2021.

Os pontos fora do ninho (FN), considerados controles, foram demarcados à distância de dois metros de cada um dos nove ninhos coletados, paralelamente à linha de costa, podendo estar à direita ou à esquerda, dependendo das alterações observadas no entorno do ninho. Então, procedeu-se o mesmo método de amostragem da meiofauna executado no ninho correspondente.

Considerando os ninhos, os pontos fora dos ninhos, os estratos e as réplicas, totalizou-se 270 amostras. Estas foram acondicionadas em sacos plásticos etiquetados, fixadas com formaldeído 4% e coradas com o corante rosa de bengala (PFANNKUCHE; THIEL, 1998).

3.3. Métricas de reprodução

Para que não houvesse interferência do manuseio do sedimento durante as contagens e análise dos parâmetros, as informações sobre a métrica de reprodução, estimadas de acordo com Marcovaldi, Vieiras e Godfrey (1999); Marcovaldi (1988) e Montero *et al.* (2018), foram analisadas somente após a amostragem da meiofauna. Foram consideradas as seguintes métricas: 1 - número total de ovos no ninho; 2 - número de ovos não eclodidos; 3 - número de natimortos (filhotes que passaram pela ruptura do ovo, mas foram encontrados sem vida ou chegaram a sair do ovo, mas morreram antes de conseguir sair do ninho). Após a quantificação, os fragmentos foram reenterrados, seguindo as instruções do

CETAS/IBAMA, e obedecendo as diretrizes da licença que o projeto Gtar-Verdeluz possui, autorizada pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO), de número 53083-2.

3.4. Triagem e identificação dos organismos da meiofauna

Primeiramente, as amostras foram despejadas em uma peneira com abertura de 63 μm para retenção da meiofauna (HIGGINS e THIEL, 1988) e lavadas em água corrente a fim de se retirar o excesso do fixador e do corante. Em seguida, realizou-se a extração dos organismos do sedimento através do método de flotação transferindo a amostra previamente lavada para um béquer, o qual recebeu cerca de 100 mL de solução salina aproximadamente igual à água do mar. Esta foi agitada com um bastão de vidro por 30 segundos e, após decantar por dez segundos, seu sobrenadante foi despejado novamente na peneira de 63 μm . Depois de se repetir este procedimento cinco vezes para cada amostra, o material retido na peneira foi transferido para uma placa de Bogorov, e então identificado em nível de grupo zoológico, ao menor nível taxonômico possível, e quantificado com o auxílio de estereomicroscópio.

3.5. Análise de dados

Foram aplicadas análises de variância permutacional em matrizes de similaridade calculada por meio do coeficiente de distância Euclidiana com 9999 permutações (PERMANOVA, ANDERSON *et al.*, 2008), sendo os dados transformados por $\log(x + 1)$, para observar se estatisticamente há diferença significativa nos descritores riqueza e densidade da meiofauna entre amostras obtidas dentro e fora dos ninhos de tartaruga-de-pente em diferentes estratos. Após verificar a existência de interação entre os fatores dentro/fora do ninho e entre estratos, foi usada a avaliação par a par dos ninhos por meio do procedimento PERMANOVA para testar se há diferenças significativas entre eles.

Foram construídas matrizes de similaridade utilizando-se o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis e realizada uma análise de agrupamento pela média não ponderada (UPGMA – “Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Average”) (modo-Q) (CLARKE e WARWICK, 1994) para verificar a representatividade dos grupos taxonômicos entre ambientes e estratos. Análise de

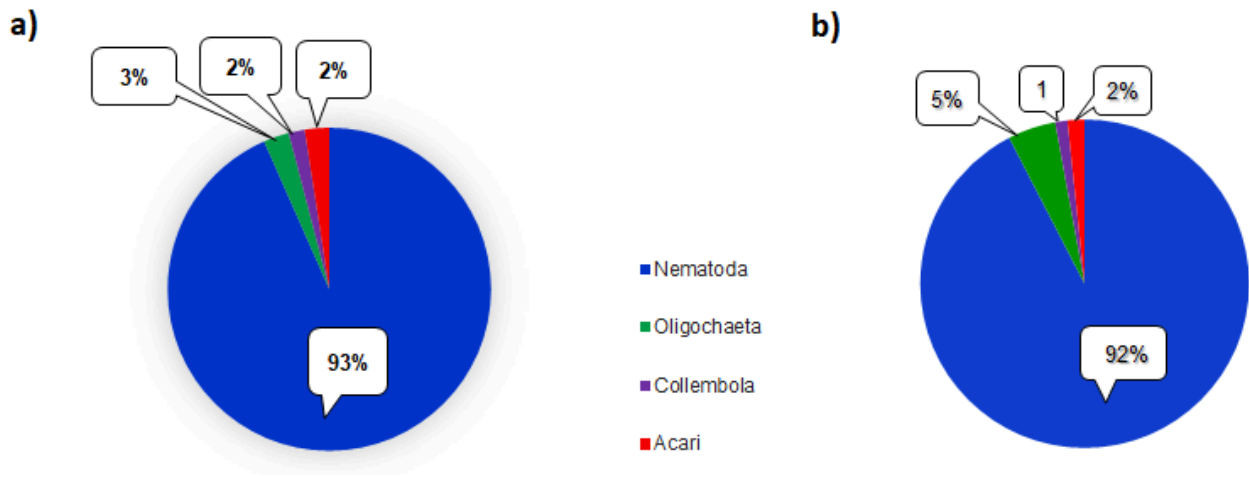
percentagem de similaridade (SIMPER) foi realizada para identificar os grupos taxonômicos mais influentes e que melhor contribuíram para a similaridade (táxons comuns) dentro da densidade da meiofauna total, definido pela área de amostragem e dissimilaridade entre grupos. As análises estatísticas descritas acima foram realizadas no software PRIMER (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research) versão 6.0 (CLARKE e GORLEY, 2006).

A densidade e a riqueza da meiofauna das amostras dentro do ninho foram correlacionadas com as métricas de reprodução obtidas de cada ninho, sendo elas, número de ovos, número de natimortos e número de ovos não eclodidos. Foi também considerada na análise de correlação a profundidade do ninho. Para tanto, foi realizado o teste de correlação de Spearman, utilizando o software STATISTICA® versão 7.0 e nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Estas relações também foram examinadas através do procedimento BIOENV (CLARKE e WARWICK, 1994). Para subsidiar a seleção das métricas da reprodução a serem utilizadas na análise BIOENV, utilizou-se a rotina DRAFTSMAN PLOT entre todas as variáveis, visando determinar eventuais colinearidades ($p > 0,95$), retirando das análises aquelas altamente correlacionadas.

4. RESULTADOS

Nas 270 amostras analisadas, foram contabilizados 69.881 organismos meiofaunais, estando estes distribuídos nos seguintes táxons: Nematoda (93,35 %), Oligochaeta (2,57 %), Acari (2,43 %) e Collembola (1,6 %). Além destes, também foram registrados os táxons Copepoda e Polychaeta, mas em abundância menor, sendo 0,02 % e 0,01 %, respectivamente. A composição da meiofauna dentro e fora do ninho foi semelhante, todos os grupos ocorreram nos dois ambientes (Figura 4).

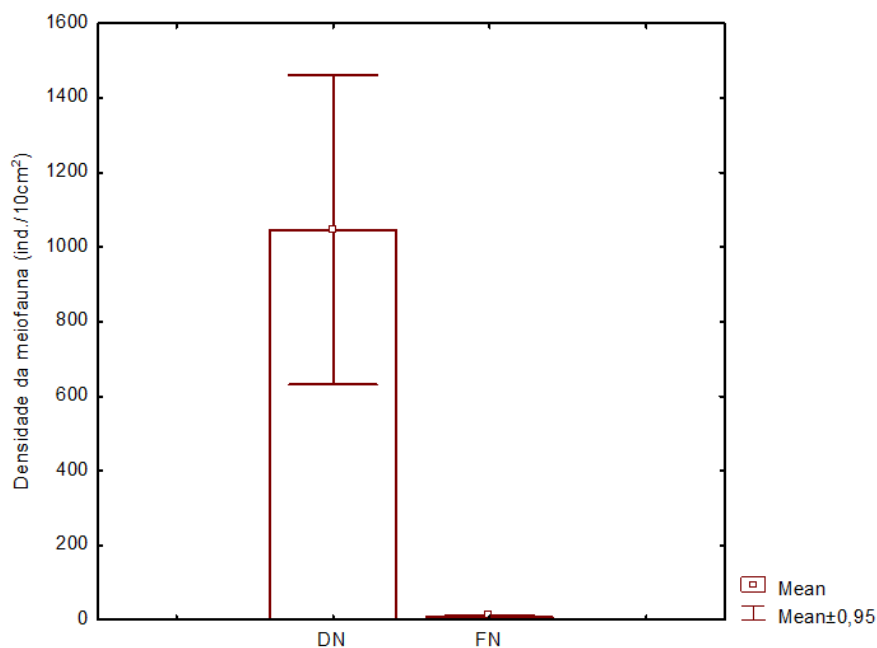
Figura 4 - Composição de táxons meiofaunais nos ambientes: dentro (a) e fora (b) dos ninhos de *Eretmochelys imbricata* na praia do Futuro, Ceará, no período de janeiro a julho de 2021.



Fonte: O autor, 2022.

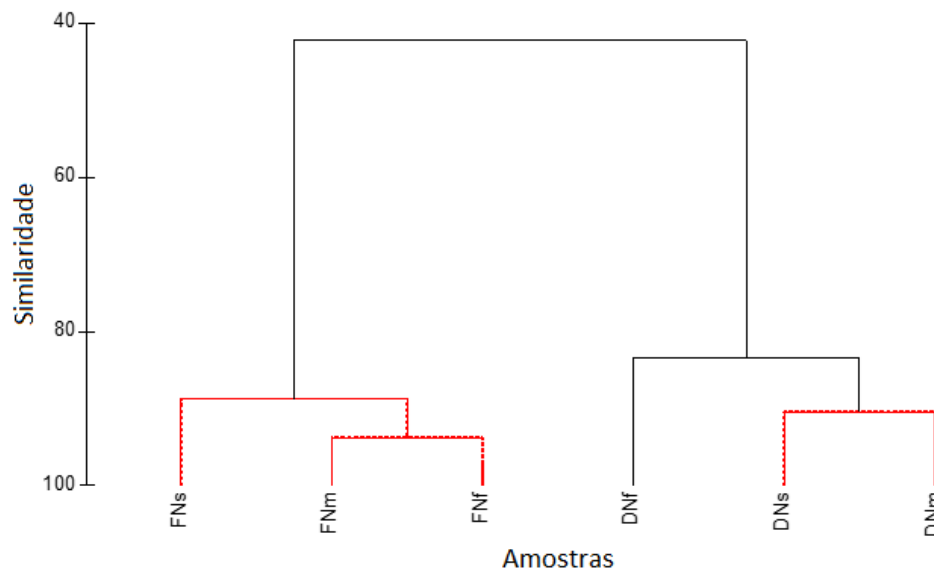
A densidade total de organismos dentro e fora do ninho foi significativamente diferente (PERMANOVA, $p = 0,001$), sendo a de dentro muito maior do que a de fora (Figura 5). A estrutura da comunidade meiofaunal apresenta características distintas nos ambientes dentro e fora do ninho, cujas amostras em cada ambiente apresentam similaridade superior a 85 % de acordo com a SIMPROF (Figura 6).

Figura 5 - Densidade média da meiofauna (ind./10cm²) nos ambientes dentro (DN) e fora do ninho (FN), barras verticais representam $\alpha = 0,95$.



Fonte: O autor, 2022.

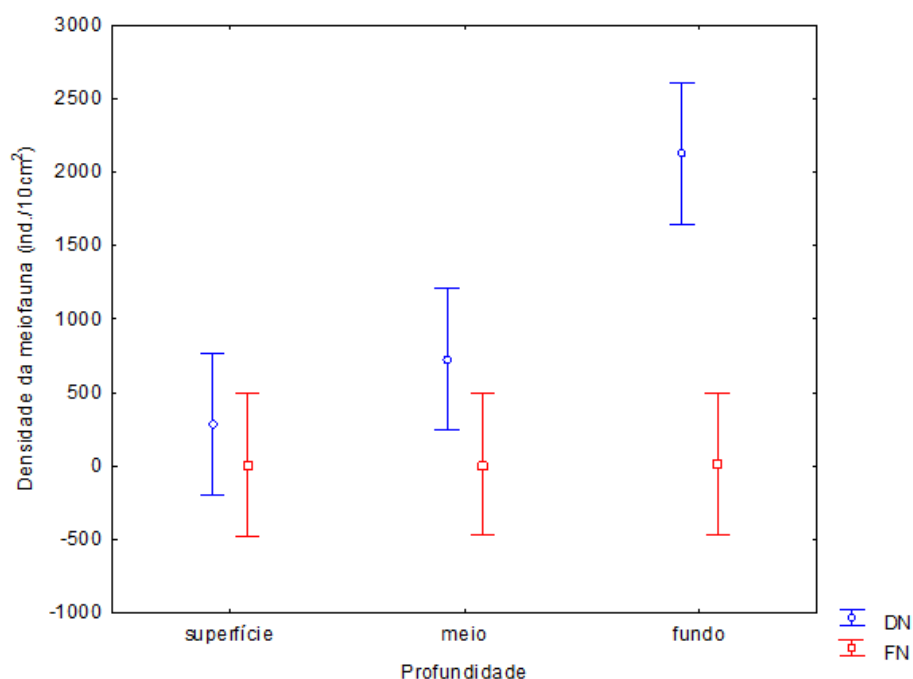
Figura 6 - Análise de agrupamento das amostras da meiofauna dos estratos de profundidade superfície (s), meio (m) e fundo (f) dentro (DN) e fora (FN) dos ninhos da tartaruga-de-pente *Eretmochelys imbricata* na praia do Futuro, Ceará, no período de janeiro a julho de 2021. Medida de similaridade de Bray Curtis; densidade transformada em $\log(x + 1)$; em vermelho é indicado grupos de amostras separados ($p < 0,05$) pelo SIMPROF.



Fonte: O autor, 2022.

A distribuição vertical da densidade dos organismos meiofaunais foi diferente dentro e fora do ninho (Figura 7). Dentro do ninho, a densidade na superfície foi significativamente diferente com o meio (PERMANOVA, $p = 0,001$) e com o fundo (PERMANOVA, $p = 0,001$), assim como meio e fundo foram significativamente diferentes (PERMANOVA, $p = 0,002$) entre si. Fora do ninho a densidade não foi significativamente diferente entre nenhum dos estratos: superfície x meio (PERMANOVA, $p = 0,762$), superfície x fundo (PERMANOVA, $p = 0,64$), meio x fundo (PERMANOVA, $p = 0,882$).

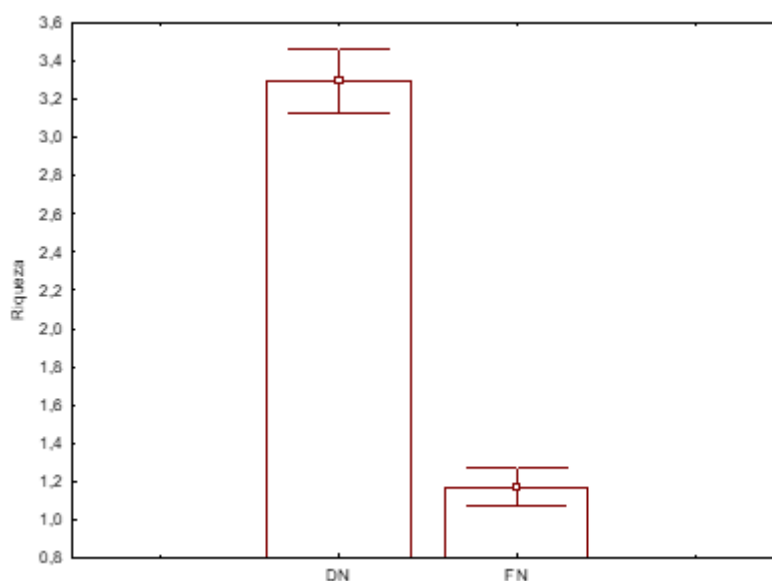
Figura 7 - Densidade média da meiofauna [transformada em $\log(x + 1)$] para cada estrato de profundidade (superfície, meio e fundo) e nos ambientes dentro (DN) e fora do ninho (FN), barras verticais representam $\alpha = 0,95$.



Fonte: O autor, 2022.

A riqueza média da meiofauna foi significativamente diferente entre dentro e fora do ninho (PERMANOVA, $p = 0,001$), sendo este descritor maior dentro do ninho em aproximadamente dois táxons em relação a fora do ninho (Figura 8).

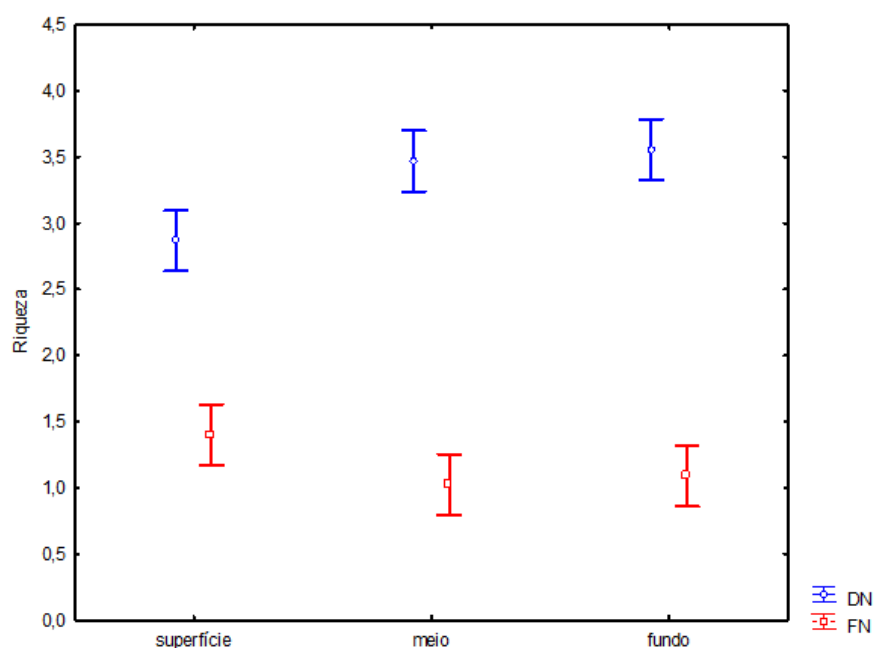
Figura 8 - Riqueza média da meiofauna nos ambientes dentro (DN) e fora (FN) do ninho, barras verticais representam $\alpha = 0,95$.



Fonte: O autor, 2022.

A riqueza da meiofauna entre os estratos de profundidade de cada um dos ambientes não é significativamente diferente (PERMANOVA, $p = 0,685$). Já entre o mesmo estrato dentro e fora do ninho houve diferenças significativas (PERMANOVA, $p = 0,001$). Dentro do ninho a riqueza da meiofauna foi significativamente diferente (PERMANOVA, $p = 0,001$) entre estratos de profundidade, isto é, a riqueza da meiofauna na superfície foi menor em relação ao meio (PERMANOVA, $p = 0,006$) e ao fundo (PERMANOVA, $p = 0,002$), entretanto riqueza entre o meio e fundo não foi significativamente diferente (PERMANOVA, $p = 0,541$). Fora do ninho o mesmo padrão foi mantido e, foram encontrados os seguintes valores de 'p'(PERMANOVA): superfície x meio ($p = 0,003$); superfície x fundo ($p = 0,026$); meio x fundo ($p = 0,588$). Todavia, salienta-se que a riqueza média da meiofauna para fora do ninho foi maior na superfície do que nos outros estratos (Figura 9).

Figura 9 - Riqueza média com valores de intervalo de confiança para cada estrato: superfície, meio e fundo, dentro (DN) e fora do ninho (FN) (Barras verticais representam $\alpha = 0,95$).



Fonte: O autor, 2022.

4.1. Representatividade dos grupos taxonômicos na densidade média da meiofauna total

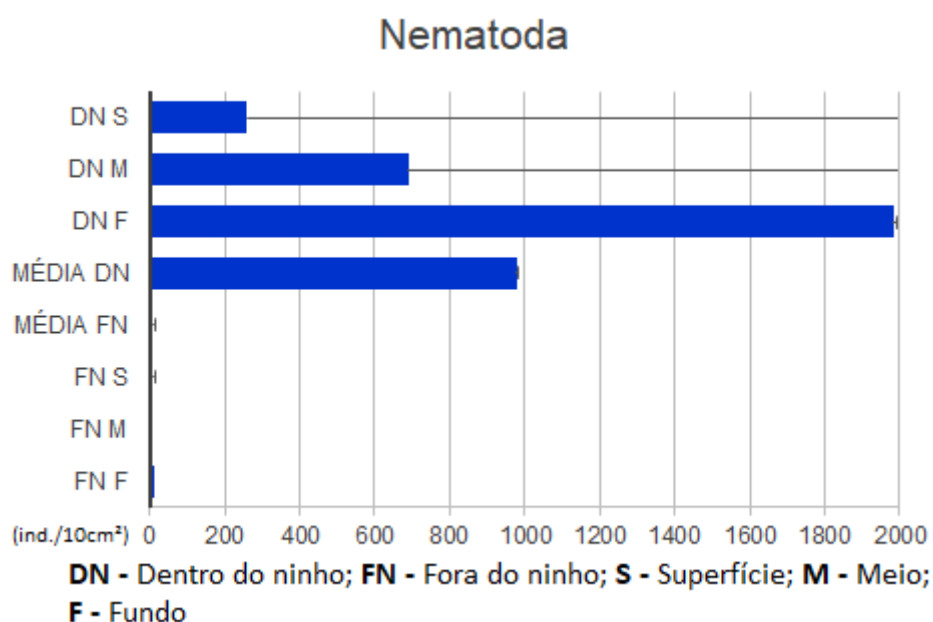
A média da similaridade entre os grupos taxonômicos dentro do ninho foi 83,12 % (SIMPER). Quatro táxons contribuíram com 98,73 % da similaridade de Bray-Curtis dentro do ninho, com Nematoda detendo 46,30 %, seguido por Oligochaeta (18,73 %), Acari (18,10 %) e Collembola (15,59 %). Fora do ninho, a média da similaridade entre os grupos taxonômicos foi 84,43 % (SIMPER), apenas dois táxons dominaram os resultados, somando 95,52 % do total, com Nematoda detendo novamente a maior contribuição (87,92%) e Oligochaeta com uma porcentagem bem menos expressiva (7,60 %).

4.2. Densidade e distribuição vertical dos grupos taxonômicos

Como exposto nas seções acima, é possível perceber que há um padrão de maior densidade média de organismos dentro do ninho, e este independe do táxon analisado. Nas figuras abaixo encontramos este mesmo padrão se repetindo para todos os táxons que contribuíram significativamente.

A densidade média do Filo Nematoda foi significativamente diferente entre ambientes e estratos. Este foi o grupo que apresentou maior densidade média na comunidade meiofaunal analisada, demonstrando assim a importância desse táxon nos resultados aqui expressados. Há uma influência dos estratos de profundidade na sua densidade, uma vez que houve um aumento da densidade à medida que os estratos se aproximam dos ovos de tartaruga (Figura 10).

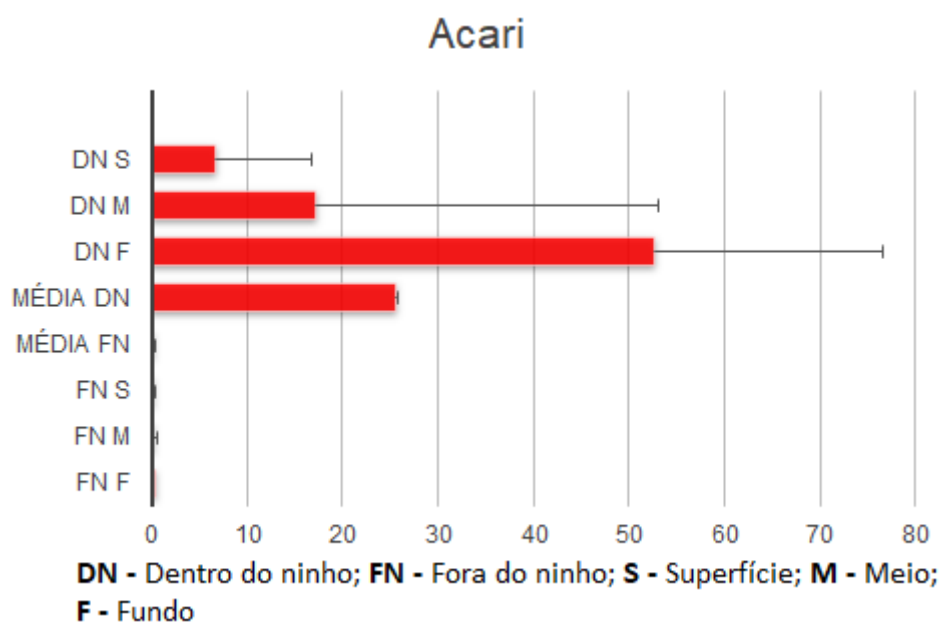
Figura 10 - Densidade média por unidade amostral acompanhada dos respectivos valores de desvio padrão de Nematoda nos estratos de profundidade, dentro e fora dos ninhos de *Eretmochelys imbricata* encontrados na praia do Futuro, Ceará, no período de janeiro a julho de 2021.



Fonte: O autor, 2022.

Foram observados maiores valores de densidade média de Acari em amostras dentro do ninho. A densidade também foi influenciada pelos estratos na sua distribuição (Figura 11), sobre esta influência podemos perceber a repetição do mesmo padrão observado para Nematoda, onde há maiores valores de densidade à medida que os estratos se aproximam dos ovos de tartaruga, da superfície para o fundo.

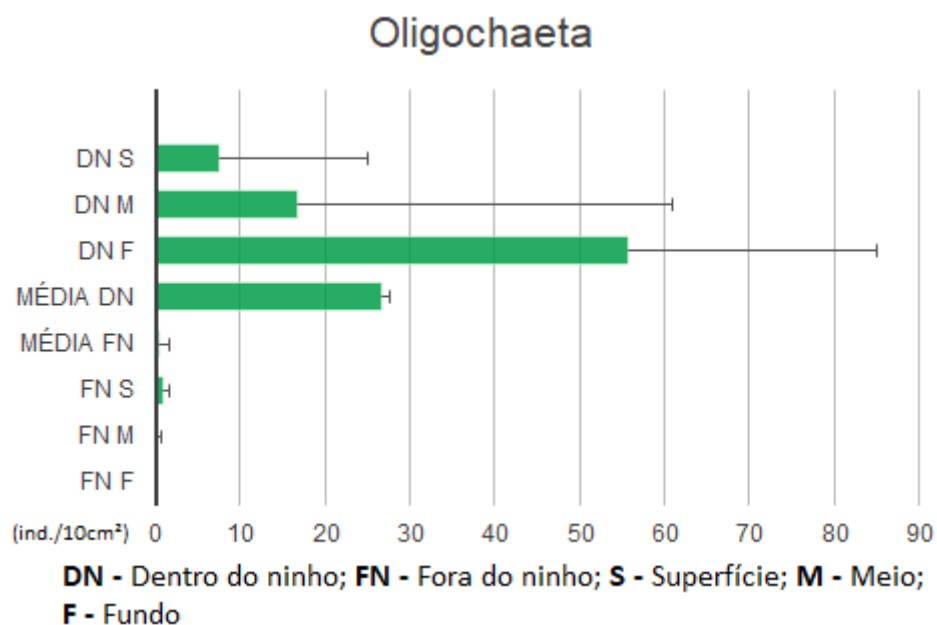
Figura 11 - Densidade média por unidade amostral (ind./10 cm²) acompanhada dos respectivos valores de desvio padrão de Acari nos estratos de profundidade, dentro e fora dos ninhos de *Eretmochelys imbricata* encontrados na praia do Futuro, Ceará, no período de janeiro a julho de 2021.



Fonte: O autor, 2022.

As densidades médias de Oligochaeta seguem o mesmo padrão dos grupos anteriores, sendo influenciada pela presença dos ninhos de tartaruga e pelos estratos (Figura 12). Em relação ao último fator, a sua distribuição vertical também se assemelha com os demais grupos, pois os maiores valores de densidade média são encontrados no fundo, e estes decrescem no meio e na superfície, respectivamente.

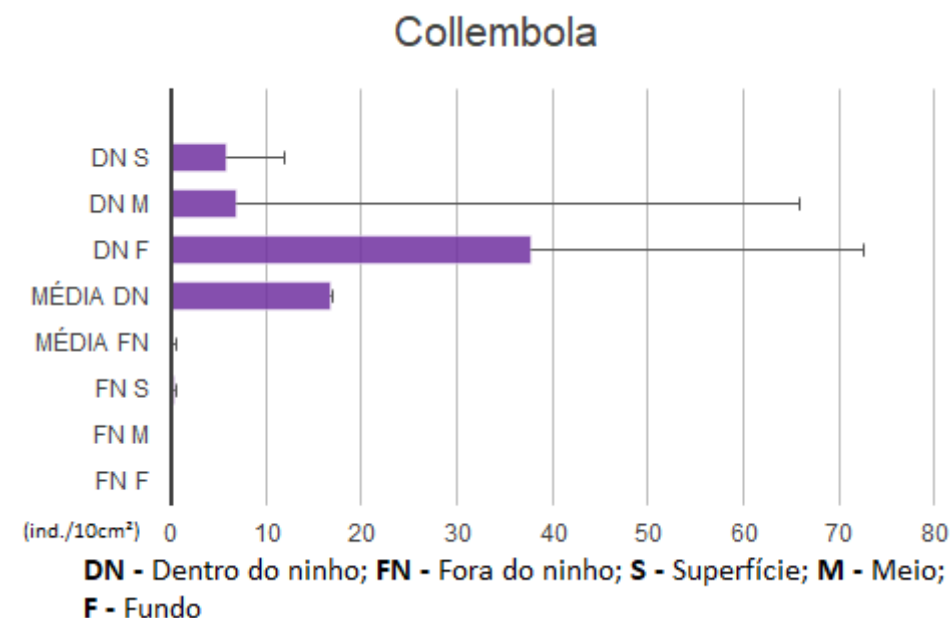
Figura 12 - Densidade média por unidade amostral (ind./10 cm²) acompanhada dos respectivos valores de desvio padrão de Oligochaeta nos estratos de profundidade, dentro e fora dos ninhos de *Eretmochelys imbricata* encontrados na praia do Futuro, Ceará, no período de janeiro a julho de 2021.



Fonte: O autor, 2022.

As densidades médias de Collembola, Copepoda e Polychaeta mostraram-se mais elevadas dentro do que fora do ninho, apesar de seus baixos valores em ambos. Collembola foi o grupo mais abundante dentre os três. Sobre este táxon, observa-se maior densidade média no fundo, seguida de menor densidade média no meio, e densidade média ainda mais baixa em superfície (Figura 13). Já Copepoda e Polychaeta tiveram uma participação bem menos expressiva na composição da comunidade da meiofauna se comparados aos outros táxons, ocorrendo raramente e representando menos de 1% dos indivíduos coletados, o que torna a análise de suas densidades nas diferentes profundidades pouco confiável.

Figura 13 - Densidade média por unidade amostral (ind./10 cm²) acompanhada dos respectivos valores de desvio padrão de Collembola nos estratos de profundidade, dentro e fora dos ninhos de *Eretmochelys imbricata* encontrados na praia do Futuro, Ceará, no período de janeiro a julho de 2021.



Fonte: O autor, 2022.

4.3. Influência de métricas de reprodução de *Eretmochelys imbricata* e da distribuição espacial dos ninhos sobre a densidade média e riqueza da meiofauna e sobre as densidades médias dos grupos taxonômicos

Foi encontrada uma correlação significativa dos Polychaeta com o número de ovos não eclodidos ($r = 0,770$; $p < 0,05$), o que pode indicar que maior quantidade de ovos não eclodidos no ninho aumenta a densidade média de Polychaeta no ambiente, apesar deste táxon não ser o que melhor representa a comunidade meiofaunal registrada, devido à sua rara ocorrência. Embora os demais táxons meiofaunais não tenham apresentado correlações significativas, alguns grupos demonstraram uma tendência a serem influenciados pelas métricas de reprodução de *Eretmochelys imbricata* observadas nos ninhos estudados (Tabela 1). Assim, a densidade média de Oligochaeta e a riqueza média da meiofauna total foram moderadamente correlacionadas positivamente pelo número de ovos não eclodidos, com $r = 0,661$ e $r = 0,504$ ($p > 0,05$). Os Nematoda apresentaram correlação negativa moderada ($r = -0,516$; $p > 0,05$) com o sucesso de eclosão, indicando que provavelmente a maior taxa de sucesso eclosão (mais ovos eclodidos) pode inibir o

aumento da densidade de Nematoda no ambiente dentro do ninho. O mesmo pode ser observado para Oligochaeta e para a densidade média da meiofauna total ($r = -0,583$; $p > 0,05$ e $r = -0,516$; $p > 0,05$, respectivamente). A profundidade dos ovos nos ninhos influenciou moderadamente a densidade de Copepoda ($r = -0,502$; $p > 0,05$), indicando uma influência negativa, onde quanto mais profundo, menor a densidade média de Copepoda no ambiente.

De acordo com a análise de BIOENV, o número de ovos não eclodidos e a profundidade dos ovos foram os fatores que melhor definiram a estruturação da comunidade meiofaunal presente nos ninhos observados ($r = 0,135$; $\alpha < 0,05$).

Tabela 1 - Correlações de Spearman para os fatores: densidade média e riqueza da meiofauna, densidades médias dos grupos taxonômicos, métricas de reprodução da tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*) e profundidade dos primeiros ovos; a partir de ninhos encontrados na praia do Futuro, Ceará, no período de janeiro a julho de 2021. ($p < 0,005$ para as correlações em negrito).

	Nematoda	Poliqueta	Oligoqueta	Copepoda	Collembola	Acari	Densidade Total	Riqueza
Nº de ovos	-0,125	-0,234	-0,142	-0,013	0,059	-0,092	-0,126	-0,235
Natimortos	0,272	0,247	0,153	0,468	0,094	-0,187	0,272	0,192
Não eclodidos	0,293	0,770	0,661	0,350	0,301	0,176	0,293	0,504
Profundidade	-0,059	-0,385	-0,644	-0,502	-0,075	0,285	-0,059	-0,303

Fonte: O Autor, 2022.

5. DISCUSSÃO

Há uma ausência de estudos que investiguem a comunidade meiofaunal da praia do Futuro, e apesar da grande extensão da zona costeira brasileira e o grande número de praias arenosas que ocorrem ao longo do litoral, os estudos da meiofauna arenosa estão restritos a apenas seis estados brasileiros: Pará, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Santa Catarina e São Paulo. No entanto, a maioria (51,3%) está restrita à região Sudeste (Rio de Janeiro e São Paulo) (MARIA, WANDENESS e ESTEVES, 2016).

No presente trabalho, a meiofauna observada foi pouco diversa em termos de grupos zoológicos (6). No litoral de Pernambuco, Bezerra e Fonsêca-Genevois (1996) registraram a ocorrência de 21 táxons em praias arenosas. Apesar do estudo

ter considerado apenas níveis taxonômicos superiores, é possível que a composição meiofaunal levantada seja pouco rica devido às especificidades avaliadas, tais como a região da praia (supralitoral) e o entorno dos ninhos de ovos de tartarugas *Eretmochelys imbricata* depositados nesta região. Estas condições podem limitar a ocorrência da meiofauna, devido a dessecação do sedimento, altas temperaturas e baixa disponibilidade de alimento. Sugere-se também que a alta taxa de urbanização da praia de estudo e seus decorrentes impactos negativos, influenciam a abundância e riqueza dos táxons nesta faixa da praia, principalmente.

Foi encontrado uma alta dominância de nematoides nas comunidades meiofaunais de dentro e de fora dos ninhos de *E. imbricata*, perfazendo 93,35% dos indivíduos coletados, a qual interferiu significativamente nas respostas da meiofauna para todos os resultados aqui fornecidos. A elevada dominância de Nematoda, concorda com o padrão global de abundância relativa dos grupos taxonômicos da meiofauna nos trópicos (COULL, 1988). O elevado sucesso deste grupo em praias arenosas, a exemplo da praia do Futuro amostrada neste estudo, deve-se, como apontado por BOUWMAN (1983), a três razões principais: alta tolerância a estressores ambientais, diversidade de estratégias alimentares e grande facilidade de enterramento no sedimento. Sabe-se que a biodiversidade é reduzida em áreas impactadas, mas alguns gêneros/espécies de nematóides são capazes de suportar condições ambientais muito severas (MARIA et al., 2013).

Fora do ninho, apenas dois táxons somaram 95,52% do total, com Nematoda detendo a maior contribuição (87,92%), seguido de Oligochaeta (7,60%). O ambiente dentro do ninho (DN) apresentou dominância de quatro táxons, que contribuíram com 98,73% da similaridade de Bray-Curtis, os grupos destacados também são Nematoda, detendo 46,30 % dessa contribuição, e Oligochaeta (18,73%), desta vez seguidos por Acari (18,10%) e Collembola (15,59%). A predominância desses dois grupos da meiofauna (Nematoda e Oligochaeta) na região supralitoral também é encontrada por McLachlan e Harty (1982).

A estrutura tridimensional dos sedimentos é explorada verticalmente de diferentes formas por vários organismos bentônicos (Gray, 2002). Dentro do ninho, os táxons meiofaunais que apresentaram ocorrência significativa tiveram sua densidade elevada na profundidade em que os ovos e filhotes de tartaruga se

encontram (fundo), em relação ao meio e à superfície. O mesmo padrão de distribuição da meiofauna em resposta à presença de ninhos de tartarugas marinhas foi encontrado em Le Gouvello et al. (2017a). De modo geral, é apontado que os organismos da meiofauna são mais abundantes na subsuperfície do sedimento (0-10 cm) de praias arenosas (McLachlan e Harty, 1982; Bezerra e Fonsêca-Genevois, 1996; Kotwicki et al., 2005). Os resultados encontrados indicam que os ninhos de *Eretmochelys imbricata* podem oferecer um ambiente favorável à estruturação da comunidade meiofaunal, elevando riqueza e densidade e aumentando sua distribuição vertical.

Foi previsto que os descritores da comunidade meiofaunal responderiam à presença dos ovos de tartaruga marinha ao longo do tempo. Tal fato foi comprovado na medida em que se verificou que densidade e riqueza da meiofauna foram significativamente maiores dentro do ninho, em comparação com a região da praia circundante (ambiente fora do ninho). Quanto às correlações entre as métricas de reprodução e o comportamento de resposta da meiofauna, foi encontrado que a métrica que melhor explica as mudanças na estrutura da meiofauna é a presença de ovos não eclodidos. Entende-se que esta é a parcela dos detritos das desovas de tartarugas marinhas que poderia consideravelmente aportar matéria orgânica para o ambiente, como é encontrado em Le Gouvello (2017a). A presença de atividade microbiana é naturalmente associada a ninhos de tartarugas marinhas, inclusive durante o período de incubação dos ovos, no qual foram registradas infecções fúngicas e bacterianas (TRULLAS e PALADINO, 2007). Após a eclosão dos filhotes, os detritos que permanecem no ninho serão ainda mais acometidos por essas infecções, portanto, além da matéria orgânica proveniente dos ovos não eclodidos, que está disponível de forma direta para a meiofauna, a presença da microbiota também pode ser fonte de alimento para organismos bacterívoros, principalmente para os nematoides (INGHAM et al., 1985).

Reyes-Martinez et al. (2014) apontam que a presença de detritos no substrato pode exercer significativa influência nas teias alimentares de praias arenosas. A maioria dos nutrientes provenientes das desovas de tartarugas marinhas que não são incorporados em filhotes viáveis, são exportados para o ambiente supralitoral/terrestre, onde são assimilados por invertebrados bentônicos (LE GOUVELLO et al., 2017b). A menor quantidade de biomassa viva que acaba se

transformando em detritos, destaca a importância de fontes exógenas, como subsídios de detritos sendo fonte de alimento para invertebrados em praias arenosas (DUGAN et al., 2003). Ovos de tartarugas olivas (*Lepidochelys olivacea*) são uma boa fonte de nutrientes, com um ovo fornecendo ~5,73 g de proteína, ~0,26 g de carboidratos e ~0,31 g de lipídios (MORA-CASTRO, CHÁVEZ e HERRERA, 1997), porém estes representam recursos alimentares efêmeros e concentrados espacialmente. A presença desse tipo de fonte de nutrientes nas praias arenosas geralmente leva consumidores a agregar, acumular numericamente e, por fim, dispersar para áreas adjacentes quando esses recursos estiverem esgotados (HOLT, 2008).

Packard et al. (1985) destacam que os ambientes hídrico e térmico estão intimamente relacionados com as condições de incubação em ninhos de répteis. A umidade do substrato pode afetar o sucesso da eclosão de tartarugas marinhas, como é encontrado para as espécies *Caretta caretta* (MCGEHEE, 1990) e *Chelonia mydas* (BUSTARD e GREENHAM, 1968). Níveis muito elevados de umidade podem reduzir o sucesso da eclosão, possivelmente porque as trocas gasosas são prejudicadas no ambiente saturado (PLUMMER, 1976), e a difusão de oxigênio entre o meio ambiente e os ovos é minimizada (ACKERMAN, 1980). A temperatura dos ninhos de quelônios aumenta durante a incubação e este aumento é devido ao calor metabólico, este foi registrado para a espécie aqui estudada (*Eretmochelys imbricata*) por Mrosovsky et al. (1992). Ackerman & Prange, (1972) notaram que a profundidade do ninho da *Chelonia mydas* e a saturação da areia dificultaram as trocas gasosas entre a câmara de ovos e a atmosfera. Como resultado tem-se baixos níveis de O₂ (18%) e altos níveis de CO₂ (2%) na câmara de ovos aumentando a temperatura do ninho e diminuindo a duração da incubação.

Os nove ninhos eleitos para este estudo se localizavam na praia do Futuro, onde a temperatura do solo na região supralitoral é geralmente elevada, porém ocorreram no período que corresponde à maior concentração de pluviosidade do município (janeiro a julho). Em um ambiente quente e úmido estes obtiveram alto sucesso de eclosão com valor médio de 88,17% ($\pm 8,71$). Diante do exposto acima, propomos que, após a saída dos filhotes do ninho, pode haver entrada de oxigênio e diminuição de CO₂ e temperatura, além do revolvimento do sedimento em que os ovos estavam depositados. Essas condições podem então favorecer a migração da

meiofauna para estratos mais profundos do sedimento, onde normalmente não seria observada alta densidade, como a que foi encontrada neste estudo.

Ressalta-se assim, a importância das desovas de tartarugas marinhas para os serviços ecossistêmicos de praias arenosas, onde podem desempenhar papéis ecológicos importantes, influenciando a estrutura e ocorrência da meiofauna no supralitoral. Destacamos também a necessidade de estudos que quantifiquem matéria orgânica e nutrientes provenientes das desovas de tartarugas marinhas para complementar as informações aqui trazidas e fornecer assim indicadores quantitativos da contribuição das desovas para a biocenose de praias arenosas.

6. CONCLUSÕES

- A presença dos ninhos de tartarugas de pente no supralitoral da praia do Futuro influenciou a estrutura da meiofauna, interferindo positivamente e localmente (perímetro em que há influência do ninho) na riqueza e densidade de táxons da meiofauna. Esta é maior no estrato mais profundo do ninho.
- Não houve influência das métricas de reprodução na estrutura da meiofauna, devido à variabilidade dos parâmetros de sucesso reprodutivo nos nove ninhos coletados para este estudo, porém o número de ovos não eclodidos é a métrica que poderia melhor explicar a contribuição (em forma de possível impute de matéria orgânica) das desovas de tartaruga para a meiofauna.

7. REFERÊNCIAS

ACKERMAN, R.A. Physiological and ecological aspects of gas exchange by sea turtle eggs. **Am. Zool.**, vol. 5, pp. 575-583, 1980.

ACKERMAN, R.A.; PRANGE, H.D. Oxygen diffusion across a sea turtle (*Chelonia mydas*) egg shell. **Comp. Biochem. Physiol. A Comp. Physiol.**, vol. 43A, pp. 905-909, 1972.

ANDERSON, M.; GORLEY, R.; CLARKE, K. PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to software and statistical methods. **Primer-e**, Plymouth, UK, 2008.

ALBUQUERQUE, M.G.; CALIARI, L.J.; CORRÊA, I.C.S.; PINHEIRO, L. S. Morfodinâmica da Praia do Futuro, Fortaleza-CE: uma síntese de dois anos de estudo. **Quaternary and Environmental Geosciences**, vol. 01, pp. 49-57, 2009.

BEZERRA, T. N. C.; FONSÊCA-GENEVOIS, V. Distribuição horizontal e vertical da meiofauna em uma região tropical intermareal (Istmo de Olinda, Pernambuco, Brasil). **Tropical Oceanography**, vol. 24, n° 1, pp. 249-264, 1996.

BOUCHARD, S.; BJORNNDAL, K. Sea turtles as biological transporters of nutrients and energy from marine to terrestrial ecosystems. **Ecology**, Flórida, vol. 81, p. 2305–2313, 2000.

BOUWMAN, L. A. A survey of nematodes from the Sem estuary. Part II. Species assemblages and associations. **Zoological Journal of Systematics**, vol.110, pp. 345-376, 1983.

BJORNNDAL, K.; CARR, A.; MEYLAN, A.; MORTIMER, J. Reproductive biology of the hawksbill turtle *Eretmochelys imbricata* at Tortuguero, Costa Rica, with notes on the ecology of the species in the Caribbean. **Biol. Conserv.** vol. 34 ,p. 353-368, 1985.

BJORNNDAL, K.; JACKSON, J. Roles of sea turtles in marine ecosystems: reconstructing the past. In P. L. Lutz, J. A. Musick, and J. Wyneken (Eds.). **Biology of sea turtles**, Florida, CRC Press, Boca Raton, 2003, p. 259–273.

BUSTARD, H.R.; GREENHAM, P. Physical and chemical factors affecting hatchling in the green sea turtle, *Chelonia mydas* (L.). **Ecology**, vol. 49, pp. 269-276, 1968.

COULL, B. Ecology of the marine meiofauna. In: HIGGINS, R.P., THIEL, H. (eds). **Introduction to the study of meiofauna**. Washington, D. C.: Smithsonian Institution Press, 1988, p. 18-38.

CLARKE, K.R.; GORLEY, R.N. PRIMER v6: User Manual/Tutorial (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research). **PRIMER-E, Plymouth**, 2006.

CLARKE, K.R.; WARWICK, R. An approach to statistical analysis and interpretation. **Change in marine communities**, v. 2, n. 1, pp. 117-143, 1994.

CRAIT, J.; BEN-DAVID, M. Effects of river otter activity on terrestrial plants in tropically altered Yellowstone Lake. **Ecology**. vol. 88, p.1040-1052, 2007.

DEFEO, O.; MCLACHLAN, A.; SCHOEMAN, D.S.; SCHLACHER, T.A.; DUGAN, J.; JONES, A.; LASTRA, M., SCAPINI, F. Threats to sandy beach ecosystems: a review. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** vol. 81, p. 1-12, 2009.

DODD, K. Synopsis of the biological data on the loggerhead sea turtle *Caretta caretta* (Linnaeus 1758). **Biological Report**, Washington, DC, vol. 88-14, 1988.

DUGAN, J.E.; HUBBARD, D.M.; MCCRARY, M.; PIERSON, M. The response of macrofauna communities and shorebirds to macrophyte wrack subsidies on exposed beaches of southern California. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, vol. 58, pp. 133–148, 2003.

FARIÑA, J.; SALAZAR, S.; WALLEM, K.; WITMAN, J.; ELLIS, J. Nutrient exchanges between marine and terrestrial ecosystems: the case of the Galapagos sea lion *Zalophus wollebaecki*. **J. Anim. Ecol.**, vol. 72, p. 873–887, 2003.

FORTALEZA, Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Fortaleza, Ceará, 1997.

GIERE, O. Meiobenthology: the Microscopic Fauna in Aquatic Sediments. 2nd Ed. Berlin, **Springer-Verlag**, 527p. 2009.

GHEKIERE, T.; HOSTE, E.; VANAUERBEKE, J.; VINCX, M.; DEGRAER, S. Horizontal zonation patterns and feeding structure of marine nematode assemblages on a macrotidal, ultra-dissipative sandy beach. De Panne, Belgium. **J. Sea Res.**, vol; 55, p. 221-226, 2004.

GRAY, J.S. Species richness of marine soft sediments. **Marine Ecology Progress**, vol. 244, pp. 285-297, 2002.

HANNAN, L.; ROTH, J.; ERHART, L.; WEISHAMPEL, J. Dune Vegetation Fertilization by Nesting Sea Turtles. **Ecology**, Flórida, vol. 88, n. 4, p. 1053-1058, 2007.

HENDRICKSON, J. R. Nesting behavior of sea turtles with emphasis on physical and behavior determinants of nesting success or failure. In: K. A. Bjorndal (Ed.). **Biology and conservation of sea turtles**, p. 53-57. Washington, D.C. Smithsonian Institution Press, 1982.

HIGGINS, R.P.; THIEL, H. Introduction to the Study of Meiofauna. Washington, DC, **Smithsonian Institution Press**, 1988. p. 488.

HOLT, R.D. Theoretical perspectives on resource pulses. **Ecology**, vol. 89, pp. 671–681, 2008.

INGHAM, R. E.; TROFYMOW, J. A.; INGHAM, E. R.; COLEMAN, D. C. Interactions of Bacteria, Fungi, and their Nematode Grazers: Effects on Nutrient Cycling and Plant Growth. **Ecological Monographs**, vol. 55, n. 1, pp. 119-140, 1985.

IVERSON, J. B.; PERRY, R. E. Sarcophagid fly parasitoidism on developing turtle eggs. **Herpetol. Rev.** vol. 25, p. 50-51, 1994.

KOTWICK, L.; TROCH, M.D.; URBAN-MALINGA, B.; GHEKIERE, T.; WESLAWSKI, J. M. Horizontal and vertical distribution of meiofauna on sandy beaches of the North Sea (The Netherlands, Belgium, France). **Helgol. Mar. Res.**, vol. 59, pp. 255–264, 2005.

LE GOUVELLO, D.Z.M.; NEL, R.; HARRIS, L. R.; BEZUIDENHOUT, K. The response of sandy beach meiofauna to nutrients from sea turtle eggs. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, vol. 487, 2017a.

LE GOUVELLO, D.Z.M.; NEL, R.; HARRIS, L.R.; BEZUIDENHOUT, K.; WOODBORNE, S. Identifying potential pathways for turtle-derived nutrients cycling through beach ecosystems. **Mar. Ecol. Prog.** vol. 583, p. 49–62, 2017b.

LUTCAVAGE, M. E.; PLOTKIN, P.; WITHERINGTON, B. E.; LUTZ, P. L. Human impacts on sea turtle survival. In: LUTZ, P. L.; MUSICK, J. A. (Eds) **The biology of sea turtles**, Flórida, CRC Press: Boca Raton, 1997. p. 387-409.

MADDEN, D.; BALLESTERO, J.; CALVO, C.; CARLSON, R.; CHRISTIANS, E.; MADDEN, E. Sea turtle nesting as a process influencing a sandy beach ecosystem. **Biotropica**, vol. 40, p. 758–765, 2008.

- MARIA, T. F.; PAIVA, P. C.; VANREUSEL, A.; ESTEVES, A. M. The relationship between sandy beach nematodes and environmental characteristics in two Brazilian sandy beaches (Baía de Guanabara, Rio de Janeiro). **Acad. Bras. Ciênc.**, vol. 85, nº 1, pp. 257-270, 2013.
- MARIA, T. F.; WANDENESS, A. P.; ESTEVES, A. M. State of the art of the meiofauna of Brazilian Sandy Beaches. **Brazilian Journal of Oceanography**, vol. 64(sp2), pp. 17-26, Brasil, 2016.
- MARCOVALDI, M; MARCOVALDI, G. PROJETO TARTARUGA MARINHA: Áreas de Desova, Época de Reprodução, Técnicas de Preservação. **Boletim FBCN**, Rio de Janeiro, p. 95–104, 1987.
- MARCOVALDI, M.Â.; BAPTISTOTTE, C.; CASTILHOS, J.C.; GALO, B.M.G.; LIMA, E.H.S.M.; SANCHES, T.M.; VIEITAS, C.F. Activities by Project TAMAR in Brazilian sea turtle feeding grounds. **Marine Turtle Newsletter**, vol. 80, p. 5-7, 1998.
- MARCOVALDI, M; VIEITAS, C.; GODFREY, M. Nesting and conservation of hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) in northern Bahia, Brazil. **Chelonian Conservation and Biology**, vol. 3, p. 301-307, 1999.
- MARCO, A.; ABELLA, A.; LIRIA, A.; MARTINS, S.; LOUREIRO, N.; LÓPEZ-JURADO, L. Manual Para a Monitorização De Tartarugas Marinhas nas ilhas de Cabo Verde. **Zoologia Caboverdiana**, vol. 3(Número especial), p. 24–47, 2012.
- MCGEHEE, M.A. Effects of moisture on eggs and hatchlings of loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*). **Herpetologica**, vol. 46, pp. 251-258, 1990.
- MCLACHLAN, A.; BROWN, A.C. The Ecology of Sandy Shores. Second Edition, **Academic Press**, Burlington, 2006, p. 373.
- MCLACHLAN, A.; HARTY, B. Effects of crude oil on the supralittoral meiofauna of a sandy beach. **Marine Environmental Research**, vol. 7, pp. 71-79, 1982.
- MENEZES, M.O.B.; LEHUGEUR, L.G.O.; BRANCO, M.P.N.C.; SABADIA, J.A.B.; OLIVEIRA, R.J.; CATUNDA, R.; FONTENELE, C.M.L.; FALCÃO, T.O.; DIAS, C.B. Porto de Fortaleza: desenvolvimento urbano e aspectos ambientais. In: Pinheiro, D. R. C. (org). **Desenvolvimento sustentável: desafios e discussões**. Fortaleza, ABC Ed., 2006, p. 185-222.
- MILLER, J. D. Reproduction in sea turtles. In: LUTZ, P. L. & MUSICK, J. A. **The biology of sea turtles**, vol. 1, P. 51-81. Marine Science Series, 1997. CRC Press. 432 p.
- MONTERO, N.; MARCOVALDI, M.; LOPEZ–MENDILAHARS, M.; SANTOS, AS.; SANTOS, A.J.B.; FUENTES, M. Warmer and wetter conditions will reduce offspring production of hawksbill turtles in Brazil under climate change. **PLoS ONE**, vol. 13, 2018.
- MORA-CASTRO, R.; CHÁVEZ, A.; HERRERA, S. Composición química del huevo de tortuga Lora (*Lepidochelys olivacea*) y evaluación de su calidad física y microbiológica durante su almacenamiento. **Revista de Tecnología y Ciencias Alimentarias**, vol. 6, pp. 10-18, 1997.

- MORTIMER, J. A. The influence of beach sand characteristics on the nesting behavior and clutch survival of green turtles *Chelonia mydas*. **Copeia**, vol. 3, p.802-817, 1990.
- MROSOVSKY, N.; PROVANCHA, J. Sex ratio of hatchling loggerhead sea turtles: data and estimates from a 5-year study. **Can. J. Zool.**, vol. 70, pp. 530-538, 1992.
- NAJWA-SAWAWI, S.; AZMAN, N.M.; RUSLI, M.U.; AHMAD, A.; FAHMI-AHMAD, M.; FADZLY, N. How deep is deep enough? Analysis of sea turtle eggs nest relocation procedure at Chagar Hutang Turtle Sanctuary. **Saudi Journal of Biological Sciences**, vol. 28, pp. 5053-5060, 2021.
- PACKARD, G.C.; PAUKSTIS, G.L.; BOARDMAN, T.J.; GUTZKE, W.H. Daily and seasonal variation in hydric conditions and temperature inside nests of common snapping turtles (*Chelydra serpentina*). **Can. J. Zool.**, vol. 63, pp. 2442-2429, 1985.
- POLIS, G. A.; ANDERSON, W. B.; HOLT, R. D. Toward an integration of landscape and food web ecology: the dynamics of spatially subsidized food webs. **Annu. Rev. Ecol. Syst.**, vol.28, p. 289–316, 1997.
- POLIS, G. A.; HURD, S. D. Linking marine and terrestrial food webs: allochthonous input from the ocean supports high secondary productivity on small islands and coastal land communities. **Am. Nat.**, vol.147, p. 396–423, 1996.
- PFANNKUCHE, O.; THIEL, H. Sample Processing. In: Higgins, R.P.; Thiel, H.(eds.) **Introduction to the Study of Meiofauna**. Smithsonian Institution Press, 1998, Washington, DC, pp.134-145.
- PLUMMER, M.V. Some aspects of nesting success in the turtle, *Trionyx muticus*. **Herpetologica**, vol. 32, pp. 353-359, 1976.
- RAYMONT, J.E.G. Plankton and Productivity in the Oceans. Second Edition, vol.1 Phytoplankton. **Pergamon Press**, 1980. p. 477.
- REINA, R. D.; MAYOR, P. A.; SPOTILA, J. R.; PIEDRA, R.; PALADINO, F. V.. Nesting ecology of the leatherback turtle *Dermochelys coriacea*, at Parque Nacional Marino Las Baulas, Costa Rica: 1988-1989 to 1999-200. **Copeia**, vol. 3, p.653-664, 2002.
- REYES-MARTINEZ, M. J.; LERCARI, D.; RUÍZ-DELGADO, M. C.; SÁNCHEZ-MOYANO, J. E.; JIMÉNEZ-RODRÍGUEZ, A.; PÉREZ-HURTADO, A.; GARCÍA-GARCÍA, F. J. Human Pressure on Sandy Beaches: Implications for Trophic Functioning. **Estuaries and Coasts**, vol. 38, p. 1782-1796, 2014.
- SCHLOSSER, C.; KLAR, J.K.; WAKE, B.D.; SNOW, J.T.; HONEY D.J.; WOODWARD, E.M.S.; LOHAN, M.C.; ACHTERBERG, E.P.; MOORE, C.M. Seasonal ITCZ migration dynamically controls the location of the (sub)tropical Atlantic biogeochemical divide. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, U. S. A., vol.111, p. 1438–1442, 2014.
- SIMON, M.H. The green sea turtle (*Chelonia mydas*): collection, incubation and hatching of eggs from natural rookeries. **J. Zool.**, London, vol. 176, pp. 39-48, 1975.

SILVA, C. R.O. **Tartarugas marinhas do brasil-comportamento e conservação**. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas licenciatura) - Faculdade de Ciências de Saúde, Centro Universitário de Brasília, 2001.

STANCYK, S. D. Non-human predators of sea turtles and their control. In K. A. Bjorndal (Ed.). **Biology and conservation of sea turtles**, Washington, DC, Smithsonian Institution Press, 1982. p. 139-152.

TENORE, K.R.; TIETJEN, J. H.; LEE, J. J. Effect of meiofauna in incorporation of aged eelgrass, *Zostera marinha*, detritus by the polychaete *Nephtys incisa*. **J. Fish Res. Bd. Can.**, vol. 34, p. 563- 567, 1977.

TRULLAS, S. C.; PALADINO, F. V. Micro-environment of olive ridley turtle nests deposited during an aggregated nesting event. **Journal of Zoology**, vol. 272, pp. 367-376, 2007.

TSIAFOULI, M. A.; DIMITRIADIS, C.; BOUTSIS, G.; MAZARIS, A. D. Nematode community characteristics are associated to loggerhead turtle hatching success. **Ecological Indicators**, Grécia, vol. 111, 2020.

ZANDEN, V.B.H.; BJORNDAL, K.A.; INGLETT, W.P.; BOLTEN, B.A. Marine-derived Nutrients from Green Turtle Nests Subsidize Terrestrial Beach Ecosystems. **Biotropica**, Flórida, vol. 44, pág. 294-30, 2012.

ZEPPILLI, D.; SARRAZIN, J.; LEDUC, D.; ARBIZU, P. M.; FONTANETO, D.; FONTAINER, C.; GODDAY, A. J.; KRISTENSEN, R. M.; IVANENKO, V. N.; SØRENSEN, M. V.; VANREUSEL, A.; THEBAULT, J.; MEA, M.; ALLIO, N.; ANDRO, T.; ARVIGO, A.; CASTREC, J.; DANIELO, M.; FUMERON, R.; HERMABESSIERE, L.; HULOT, V.; JAMES, T.; LANGONNE-AUGEN, R.; LE BOT, T.; LONG, M.; MAHABROR, D.; MOREL, Q.; PANTALOS, M.; POUPLARD, E.; RAIMONDEAU, L.; RIO-CABELLO, A.; SEITE, S.; TRAISNEL, G.; URVOY, K.; VAN DER STEGEN, T.; WEYAN, M.; FERNANDES, D. Is the meiofauna a good indicator for climate change and anthropogenic impacts? **Mar. Biodiv.**, vol. 45, n° 3, pp. 505-535, 2015.