



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCÊNCIAS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

ARIADNE BEATRIZ MENDES SANTANA

**INTRODUÇÃO À ECOLOGIA DE PRAIAS ARENOSAS, COM ÊNFASE EM
CRUSTÁCEOS**

RECIFE
2024

Ariadne Beatriz Mendes Santana

**INTRODUÇÃO À ECOLOGIA DE PRAIAS ARENOSAS, COM ÊNFASE EM
CRUSTÁCEOS**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao curso de ciências biológicas ênfase em ambientais da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial à obtenção do título bacharel em biologia.

Orientador(a): Prof. Dr. José Roberto Botelho de Souza.

RECIFE

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Santana, Ariadne Beatriz Mendes.

Introdução à ecologia de praias arenosas, com ênfase em crustáceos /
Ariadne Beatriz Mendes Santana. - Recife, 2024.

45 : il.

Orientador(a): José Roberto Botelho de Souza

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Biociências, Ciências Biológicas /Ciências
Ambientais - Bacharelado, 2024.

Inclui referências.

1. Crustáceo . 2. Praia. 3. Isótopos Estáveis . I. Souza, José Roberto
Botelho de . (Orientação). II. Título.

570 CDD (22.ed.)

Ariadne Beatriz Mendes Santana

INTRODUÇÃO À ECOLOGIA DE PRAIAS ARENOSAS, COM ÊNFASE EM CRUSTÁCEOS

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao curso de ciências biológicas ênfase em ambientais da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial à obtenção do título bacharel em biologia.

Aprovado em 04/10/2024

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 JOSE ROBERTO BOTELHO DE SOUZA
Data: 18/10/2024 17:09:50-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. José Roberto Botelho de Souza. (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Documento assinado digitalmente
 JOSE SOUTO ROSA FILHO
Data: 21/10/2024 09:00:26-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. José Souto Rosa Filho (Examinador)
Universidade Federal de Pernambuco

Documento assinado digitalmente
 WESLEY DE OLIVEIRA NEVES
Data: 18/10/2024 20:41:19-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Msc. Wesley de Oliveira Neves (Examinador)
Universidade Federal de Pernambuco

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos que participaram desta caminhada comigo, seja de maneira direta ou indireta. A cada pessoa que contribuiu, com apoio, inspiração ou incentivo, minha mais sincera gratidão. Vocês foram peças essenciais na realização deste projeto, e sua presença foi fundamental para alcançar este objetivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, cuja presença e orientação foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

Gostaria de expressar minha gratidão à Universidade Federal de Pernambuco, especialmente ao Centro de Biociências, pela oportunidade de ter ganhado experiências dentro do curso.

Agradeço também a todos os professores do curso, pela dedicação e compromisso que têm em compartilhar seu conhecimento ao longo dessa jornada acadêmica.

Um agradecimento especial ao meu professor, José Roberto, cuja paciência, e ensinamentos compartilhados no laboratório foram imprescindíveis e tornaram a experiência ainda mais enriquecedora.

Minha sincera gratidão também vai para minha família, especialmente para os meus pais. Seu apoio incondicional e incentivo constante foram essenciais para que eu seguisse firme em minha jornada acadêmica. A paciência, os conselhos e o suporte de vocês foram verdadeiros pilares durante todo esse percurso.

Agradeço também a um grupo muito especial de 12 pessoas que tornaram essa jornada mais leve e prazerosa. A convivência repleta de risadas e companheirismo foi um verdadeiro alívio e um estímulo para continuar.

Por fim, agradeço aos meus colegas de laboratório, cuja ajuda foi fundamental no meu desenvolvimento acadêmico. A colaboração de todos foi indispensável para o sucesso desta etapa.

A todos, meu muito obrigada!

RESUMO

As praias arenosas abertas são ecossistemas dinâmicos que conectam ambientes marinho e terrestre, moldados principalmente pela ação das ondas. Esses ecossistemas contêm uma rica diversidade de vida, com a macrofauna de invertebrados, especialmente crustáceos, desempenhando um papel crucial em suas dinâmicas ecológicas. A interação entre fatores físicos, como marés e sedimentos, define a distribuição das espécies na "Zona Litorânea Ativa" (ZLA). Contudo, atividades humanas, como a ocupação costeira e o pisoteio, têm causado impactos significativos, alterando a dinâmica sedimentar e contribuindo para a erosão costeira. A ecologia trófica, por meio da análise isotópica, fornece ferramentas valiosas para entender as relações alimentares e a saúde dos ecossistemas. Isótopos estáveis ajudam a elucidar as interações tróficas e os fluxos de energia, sendo fundamentais para a preservação da biodiversidade. Este trabalho visa analisar a literatura sobre a aplicação de isótopos estáveis no estudo de crustáceos, focando em suas interações ecológicas nas praias arenosas, a fim de contribuir para o entendimento das dinâmicas desses ecossistemas e os impactos ambientais relacionados.

Palavra-chave: isótopos; ecologia trófica, crustáceos, praias arenosas

ABSTRACT

Open sandy beaches are dynamic ecosystems that connect marine and terrestrial environments, primarily shaped by wave action. These ecosystems harbor a rich diversity of life, with macrofauna, particularly crustaceans, playing a crucial role in their ecological dynamics. The interaction of physical factors, such as tides and sediments, defines species distribution within the "Active Coastal Zone" (ACZ). However, human activities, such as coastal development and trampling, have caused significant impacts, altering sediment dynamics and contributing to coastal erosion. Trophic ecology, through isotopic analysis, provides valuable tools for understanding food relationships and ecosystem health. Stable isotopes help elucidate trophic interactions and energy flows, which are fundamental for biodiversity preservation. This study aims to analyze the literature on the application of stable isotopes in the study of crustaceans, focusing on their ecological interactions in sandy beaches, in order to contribute to the understanding of these ecosystems' dynamics and related environmental impacts.

Keywords: isotopes; trophic ecology; crustaceans; sandy beaches

Lista de Figuras

Figura 1 - Representação da zona litorânea ativa.....	19
Figura 2 - Divisão das zonas de supralitoral, mesolitoral e infralitoral encontradas em praias arenosas.....	20
Figura 3 - Representantes da epifauna e infauna de fundos não consolidados.....	27
Figura 4 - Representação esquemática de como funciona a espectrometria de massa de razão isotópica (IRMS).....	31
Figura 5: Representação da fórmula da razão isotópica.....	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IRMS – Isotope Ratio Mass Spectrometer

ZLA - Zona Litorânea Ativa

CHON'S - Acrônimo para os elementos químicos essenciais à vida: Carbono (C), Hidrogênio (H), Oxigênio (O), Nitrogênio (N) e Enxofre (S).

C - Carbono

S - Enxofre

H - Hidrogênio

O - Oxigênio

N - Nitrogênio

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo Geral.....	15
2.2 Objetivos Específicos.....	15
3. METODOLOGIA.....	16
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
4.1 Ecossistemas.....	17
4.2 Praias	17
4.2.1 Impactos antrópicos sobre o ecossistema de praias.....	21
4.3 Fauna Bentônica de Praias.....	23
4.4 Crustáceos.....	25
4.5 Isótopos Estáveis.....	29
4.5.1 Análise Isotópica	31
4.5.2 Relações tróficas em praias.....	33
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
REFERÊNCIAS	49

1. INTRODUÇÃO

As praias arenosas abertas são ecossistemas marinhos que fazem fronteira com o ambiente terrestre, sendo estruturados pelas ondas. Esse ecossistema compreende dois componentes distintos, o primeiro é um ecossistema marinho influenciado pela ação das ondas, abrigando uma variedade de vida marinha. O segundo é um ecossistema terrestre moldado pela ação do vento e habitado pela fauna e flora terrestres, de modo que a distribuição e a diversidade da macrofauna nesses ambientes são determinadas por fatores físicos, destacando-se a ação das ondas, o tamanho das partículas e a declividade da praia (McLachlan; Defeo, 2018)

Esses componentes coexistem e interagem na "Zona Litorânea Ativa", uma área em constante equilíbrio dinâmico, modelada pela ação das marés e do fluxo e refluxo das ondas, na qual ocorre a interação de materiais e energia entre o mar e a terra (Corte; Amaral, 2023). A ZLA é composta por três unidades fisicamente distintas: infra, meso e supralitoral. Esse gradiente físico, que se estende desde as áreas marítimas até as dunas, desempenha um papel crucial na estruturação dos padrões de zoneamento e na distribuição das espécies ao longo do tempo e do espaço (Corte; Amaral, 2023).

Dessa forma esse ecossistema apresenta uma ampla área caracterizada pelo gradiente das ondas e marés, com habitats distintos (e.g. ambiente aéreo, ambiente inundável, cavas, bancos de areia submersos). Logo, as praias arenosas possuem grande biodiversidade de organismos habitando o fundo marinho, podendo ser divididos em microfauna, meiofauna e macrofauna. A macrofauna de invertebrados é o componente da biota mais bem estudado na maioria das praias arenosas. Uma das características apresentadas por esse organismos resulta na adaptação à instabilidade do substrato associado a ação das ondas, por isso esses animais têm que ser escavadores rápidos e poderosos (McLachlan; Defeo, 2018). Os organismos bentônicos das praias arenosas diferem em relação ao hábito alimentar, mobilidade e capacidade para lidar com o clima e a maré, assim como a

capacidade de escavação; eles são predominantemente representados por anelídeos poliquetas, moluscos e crustáceos (McLachlan; Defeo, 2018).

Por ser um ambiente de transição, as praias arenosas estão sendo amplamente afetadas pelas atividades humanas (Soares-Gomes et al., 2023). Um exemplo disso é a ocupação descontrolada, que pode induzir na suscetibilidade costeira, por meio de alterações no balanço sedimentar nesses ambientes (Baptista; Bernardes, 2021), podendo ocasionar o processo de erosão costeira, sendo resultado da interação de elementos naturais (tempestades e variações sazonais), ou como intervenções antrópicas no ambiente praiial (construções e atividades voltadas para o turismo) (Da Silva; Gonçalves, 2018). Outro exemplo que podemos citar é o aumento da ocupação do litoral que resulta na perda de vegetação devido ao pisoteio constante e à circulação de veículos motorizados, o que pode ocasionar uma mudança na dinâmica sedimentar costeira (Baptista; Bernardes, 2021).

A ecologia trófica, que analisa as interações alimentares dos seres vivos e as principais vias tróficas das praias arenosas expostas, contribui para entender as dinâmicas naturais desses ecossistemas marinhos (Sabo & Gerber 2014). Neste campo, a análise isotópica atua como um instrumento para estudar as interações dos seres vivos com os fluxos de energia e nutrientes. Em outras palavras, é uma assinatura isotópica que permite identificar determinados isótopos estáveis e elementos químicos em compostos orgânicos e inorgânicos, sendo os mais comuns nesses estudos o nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) e o carbono ($\delta^{13}\text{C}$), pois ambos apresentam um padrão de enriquecimento trófico e autonomia em relação a posição do organismo na teia alimentar (Almeida et al., 2019).

Esta ferramenta útil promove táticas eficientes para manter a integridade dos ecossistemas, pois a composição isotópica dos seres vivos espelha sua atividade alimentar. Os dados presentes nos tecidos animais possuem valor temporal e espacial, possibilitando a análise do impacto das variáveis ambientais na alimentação dos seres na cadeia alimentar (Almeida et al., 2019).

Os isótopos servem como indicadores químicos, documentando os recursos absorvidos (Fry, 2006) e fornecendo informações sobre interações tróficas, transferência de energia e complexidade das cadeias alimentares. Portanto, as análises isotópicas tornam-se um método eficiente para identificar as fontes de produtividade que alimentam as cadeias alimentares e a localização dessas fontes.

Nesta pesquisa, vamos analisar os crustáceos, que são a maioria tanto no plâncton quanto no ambiente bentônico. Esses seres são fundamentais na formação dos ecossistemas aquáticos, devido à sua vasta diversidade, ampla distribuição e abundância nos oceanos (Serejo; Young et al., 2006). Os crustáceos, com uma diversidade de hábitos alimentares, abrangem representantes saprófagos, herbívoros, detritívoros, carnívoros e onívoros, tornando-os fundamentais nas cadeias e redes alimentares. Com isso, eles acabam desempenhando um papel importante nas cadeias e redes alimentares, pois como consumidores secundários eles fornecem energia aos níveis tróficos mais elevados (Bui e Lee, 2014).

Nos últimos anos, houve um progresso significativo no estudo da biologia e na ecologia dos crustáceos, principalmente por causa de sua relevância ecológica e do avanço de instrumentos como os isótopos estáveis; descrição do ambiente ecológico onde as espécies vivem. Assim, com as informações isotópicas obtidas, os pesquisadores podem entender de forma mais aprofundada as interações entre diversos níveis tróficos, como a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas marinhos estão sendo impactados, além de examinar o impacto de elementos ambientais e antropogênicos na estrutura ou função desse ecossistema.

Por isso, essa abordagem pode ser empregada nos macroinvertebrados bentônicos, já que algumas espécies são tidas como bons bioindicadores da qualidade da água, por apresentar sensibilidade a alterações no equilíbrio daquele local, a sua presença ou ausência pode indicar o grau de contaminação aquática

(Leite et al., 2016), assim informações sobre as condições ambientais podem ser monitoradas ao longo do tempo de forma abrangente.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral:

Descrever os principais tópicos de Ecologia de praias arenosas com ênfase em Crustáceos

2.2 Objetivos Específicos:

1)Descrever as características físico químicas das praias arenosas expostas.

2)Descrever as principais características das comunidades macrofaunísticas de praias arenosas expostas, como diversidade, dominância e composição de organismos, com ênfase em Crustáceos.

3)Descrever os hábitos tróficos, as fontes alimentares e as principais vias tróficas para praias arenosas expostas, com ênfase em Crustáceos.

3. METODOLOGIA

Na condução deste estudo, a metodologia empregada consistiu primordialmente na realização de uma extensa revisão de literatura de caráter integrativo. Esta abordagem se caracteriza pela reunião e síntese de resultados de estudos sobre a atuação dos isótopos em crustáceos, de forma sistemática e ordenada (Botelho et al., 2011; Mendes et al., 2008).

Os trabalhos selecionados foram obtidos por meio de busca eletrônica nas seguintes bases de dados: Google Acadêmico, SciELO, Web of Science, Scopus, Livros e o repositório digital da UFPE. A pesquisa bibliográfica incluiu artigos e revistas nos idiomas inglês e português, com foco específico em isótopos estáveis e suas aplicações em crustáceos abrangendo o período de 2000 a 2023, as palavras chaves para a busca foram: crustacea, Sandy beaches, stable isotope, macrofauna, Decapoda, Amphipoda, *Excirrolana*, *Emerita*, *Lepidopa*.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Ecosistema

A noção de ecossistema, sugerida por Arthur George Tansley em 1935, refere-se a uma estrutura integrada que engloba tanto os elementos biológicos (organismos) quanto os elementos físicos (ambiente) que interagem mutuamente. Tansley rejeitou o conceito de "organismo complexo", que restringia a análise ecológica, e cunhou a expressão "ecossistema" para simbolizar a totalidade das interações e trocas entre os componentes bióticos e abióticos. Além disso, enfatizou que os ecossistemas estão sujeitos a alterações e podem atingir um equilíbrio dinâmico, denominado "clímax", apesar de poderem se desintegrar com o passar do tempo (Kato; Martins, 2016).

Portanto, o conceito de ecossistema favorece uma perspectiva integral, facilitando a compreensão das complexas interações entre os seres vivos e seu ambiente. Ao longo do tempo, esse conceito se transformou, incorporando novos conceitos e práticas, particularmente nas décadas subsequentes, assumindo um papel crucial na ecologia contemporânea (Kato; Martins, 2016).

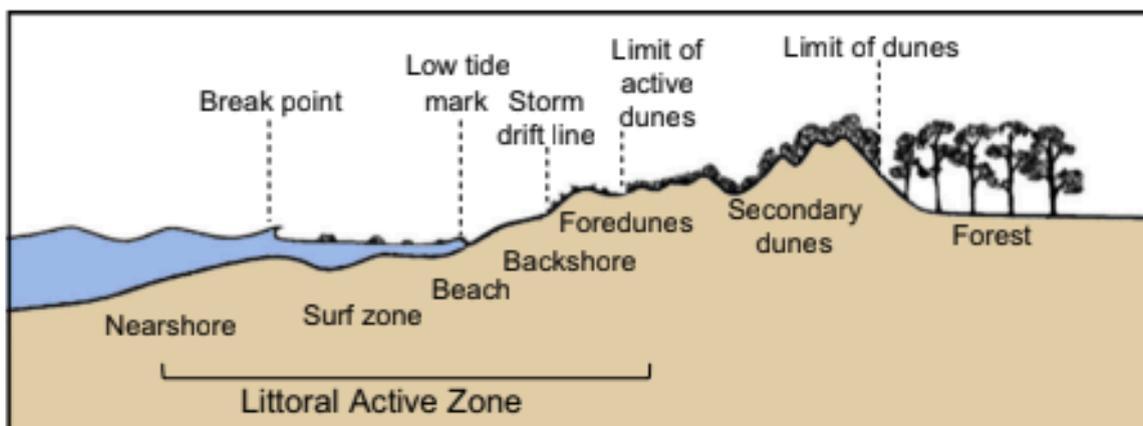
4.2 Praias

As praias são ecossistemas dinâmicos, que variam constantemente em relação aos seus padrões hidrodinâmicos e deposicionais por causa das ações de elementos como marés, areia, correntes e ondas (McLachlan; Defeo, 2018). Praias arenosas são compostas por distintos tipos de sedimentos provenientes de rochas e estruturas costeiras (como minerais, cascalho, areia, seixo) modificados por desgastes, seja pela ação das ondas, ventos, rios ou por meio dos organismos ali presentes (Santos; Ferreira, 2019). Por se tratar de um ambiente de transição entre o ambiente terrestre e aquático, as praias já foram classificadas como zonas de contato e de fronteira, ou seja, "Ecótonos", que representam uma separação nítida, onde irão se localizar espécies pertencentes aos dois ecossistemas em contato, acrescidos de espécies características destas zonas de fronteira (Fonseca et al., 2023), ou seja, é um limite que se estabelece a maior biodiversidade, com a presença de espécies aquáticas e terrestres e a existência de habitats complexos.

Embora os primeiros trabalhos relacionados às praias tenham sido predominantemente descritivos, isso mudou a partir das décadas de 1970 e 1980, onde a complexidade das interações tróficas entre a fauna e a flora da zona de surf, a biota da costa e os animais da região intermareal foram trazidos e apresentados, logo, as praias deixaram de ser relacionadas a desertos marinhos, e passaram a ser classificadas como ecossistemas produtivos e interessantes (McLachlan; Defeo, 2018). As praias são classificadas, com relação à proteção às ondas, desde protegidas até expostas, e segundo o estado morfodinâmico elas podem ser classificadas entre dois extremos, dissipativa e refletiva, com alguns estados intermediários (McLachlan; Defeo, 2018). Esse ecossistema praiial é altamente resiliente, capaz de absorver a energia das ondas, protegendo assim o continente da ação direta do oceano (Santos; Ferreira, 2019).

O ambiente praiial apresenta uma interação estreita e complexa com as dunas costeiras e a deriva litorânea, através de um armazenamento contínuo, de transporte e troca de sedimentos, que funciona como uma reserva de material, servindo como tampão (no sentido de atenuar os efeitos) para as variações sazonais na energia das ondas, e estas são moduladas pela relação entre os elementos atmosféricos e oceânicos, bem como, pela geomorfologia costeira, como exemplo, os ventos, as marés, o tipo de estrutura geomorfológica da praia. (McLachlan; Defeo, 2018). Esses fatores contribuem para a formação de vários tipos de praia, neste sentido, elas vão de um estado de alta dissipação de energia das ondas, como por exemplo, em praias expostas, até outra de baixa dissipação, como no caso de praias protegidas por uma extremidade rochosa. As características de cada uma destas tipologias e suas formas intermediárias condicionam também as características e a distribuição da biota (Klein; Short, 2017).

Figura 1- Representação da zona litorânea ativa



Fonte: McLachlan e Defeo, 2018

Dentre os diversos tipos de praia, as praias arenosas, presentes em todas as linhas costeiras tropicais e temperadas, e são estruturadas principalmente pelas ondas (McLachlan; Defeo, 2018), são definidas como ambientes costeiros de substrato inconsolidado, formados principalmente por depósitos de areia acumulados pelos agentes apresentando uma largura variável em função do mar (APAM Litoral Sul, 2019). E por se localizarem na região entremarés, constituem um habitat favorável à presença de diversas espécies marinhas, sejam plantas ou animais, que os utilizam como áreas de alimentação, repouso, reprodução e paradas em rotas migratórias. Além de que desempenham funções socioecológicas e econômicas aos seres humanos, como exemplo lazer e turismo, o que justifica o crescente interesse em compreender a fauna e a flora desses ambientes (Santos; Ferreira, 2019).

As praias são consideradas ambientes fisicamente controlados. A hipótese autoecológica aplicada aos ecossistemas de praias estabelece que, em ambientes fisicamente controlados, as comunidades são estruturadas pelas resposta dos indivíduos de cada espécie aos fatores físico-químicos, e as interações biológicas são mínimas (McLachlan; Defeo, 2018). Desse modo, a riqueza de espécies é controlada por dois processos: ecológicos atuais, onde as condições severas do ambiente possibilitam a poucas espécies a colonização de praias refletivas; processos históricos que viabilizaram a um maior número de espécies colonizarem

as praias tropicais. Esses padrões são explicados por várias hipóteses. Entre elas, a Hipótese de exclusão da zona de varrido (swash), onde o swash é um fator controlador. Onde a zona de varrido é favorável a todos os organismos no extremo dissipativo. Mas somente espécies bem adaptadas às condições duras das praias refletivas (com alta mobilidade e resistentes ao constante atrito com o sedimento) conseguem tolerar os swash curtos e turbulentos e a alta drenagem dessas praias (McLachlan; Defeo, 2018).

Figura 2 - Divisão das zonas de supralitoral, mesolitoral e infralitoral encontradas em praias arenosas.



Fonte: LABECE, 2009

Esse ecossistema costeiro é dividido em três áreas, cada uma com particularidades distintas e marcadas pelas marés. Inicialmente, temos o supralitoral (ou pós-praia), situado acima da linha de preamar, sendo frequentemente impactado pelos borrifos das ondas e, em alguns casos, inundado durante tempestades. Em seguida, o mediolitoral (ou antepraia), também referido como zona entremarés, se estende entre as marés altas e baixas, estando sujeito a variações constantes de submersão e exposição. Por fim, o infralitoral (ou face praial), abrange a parte submersa, desde o nível da maré baixa até a área de arrebentação das ondas, onde ocorre o transporte efetivo de sedimentos (Santos; Ferreira, 2019).

As praias arenosas constituem ecossistemas importantes que abrigam uma grande diversidade de espécies, variando em tamanho e habitat. Entre as espécies que habitam esses ambientes, destacam-se os organismos bentônicos, que possuem tamanho reduzido e vivem enterrados, muitas vezes entre os minúsculos grãos de areia, durante toda a vida ou parte dela. Porém, esses ecossistemas vêm

sofrendo com grandes impactos antrópicos que vem afetando o seu equilíbrio e as espécies que vivem nele.

4.2.1 Impactos antrópicos sobre o ecossistema de praias

As ameaças às praias podem resultar em impactos imediatos (como grandes catástrofes) ou crônicos (especialmente dispersos ou limitados). No entanto, dependendo da duração dos seus efeitos, eles podem ser significativos devido à sua intensidade e frequência, ameaçando as praias como sua biodiversidade (Soares-Gomes et al., 2023).

Com isso, observamos que a ação antrópica desempenha um papel crucial na reestruturação da biosfera terrestre, provocando um impacto considerável nos ecossistemas naturais e ressaltando as transformações nos ecossistemas terrestres e aquáticos (McLachlan; Defeo, 2018). Dentro desse contexto, os oceanos vêm sofrendo com essas ações antrópicas, tanto nas zonas costeiras, onde os impactos são mais visíveis, quanto nas regiões oceânicas (Hatje et al., 2018), que mesmo longe da costa, ainda sofrem com a interferência humana (Silva et al., 2015).

Como exemplos desses efeitos diretos, o turismo, o tráfego humano e as urbanização costeira têm contribuído para o aumento dessas interferências e modificações (Soares-Gomes et al., 2023). As praias, em particular, são ecossistemas vulneráveis a uma série de impactos que alteram a sua dinâmica natural e, entre esses impactos, destacam-se a exploração turística (Barros; Dias, 2023), que resulta em aumento do pisoteio nessas regiões por conta do tráfego humano, a poluição, originada pela falta de saneamento e pelo descarte inadequado de objetos, e a erosão costeira (Santos; Ferreira, 2019).

O crescimento populacional nessas áreas costeiras influenciam na ocupação e o uso recreativo desses ambientes (Soares-Gomes et al., 2023). A recreação costeira, que frequentemente se concentra nas praias, contribui para o aumento do estresse sinérgico e cumulativo para a fauna que reside nesses locais (Soares-Gomes et al., 2023), além de que pode comprometer a estabilidade física das superfícies das praias e das dunas, já que essas atividades recreativas ao longo

da costa, como o uso de veículos e o pisoteio, têm efeitos visíveis nas praias (McLachlan; Defeo, 2018), causando, sérios danos às formações recifais e contribuindo no desaparecimento de espécimes que se localizam nessas áreas (Silva et al., 2015).

Como citado acima, os veículos recreativos, atividade que tem crescido no meio turístico e que tem se mostrado ser altamente prejudicial para ecossistemas costeiros, é um fator que vem gerando efeitos negativos nas características físicas da praia, como exemplo, compactação do sedimento (Soares-Gomes et al., 2023), destruindo a vegetação das dunas, além de esmagar muitas vezes os invertebrados semiterrestres, como exemplo, isópodes, caranguejos, anfípodes, que vivem enterrados nesse local (McLachlan; Defeo, 2018), evidenciando os danos provocados por essas atividade.

Em relação ao pisoteio, os impactos sobre o ecossistema de praia e sobre a fauna podem levar a mudanças espaciais e temporais sob essas comunidades (Soares-Gomes et al., 2023). Em um experimento com pisoteio humano, McLachlan & Defeo (2018), atribuíram que o pisoteio pode ocasionar uma redução na riqueza de espécies de crustáceos e bivalves juvenis na costa inferior, destacando que espécies supralitorais podem estar mais suscetíveis aos efeitos desse pisoteio com alta demanda de turistas. No entanto, a vegetação de dunas pode ser a mais afetada, pois pode sofrer alteração na densidade, na matéria orgânica e o teor de umidade do solo, além da redução na cobertura e na altura da vegetação (McLachlan; Defeo, 2018).

No que diz respeito à urbanização, dois efeitos adversos terão um impacto negativo neste ecossistema: a poluição e a erosão costeira. Em relação à poluição, os ecossistemas costeiros são suscetíveis, particularmente em situações de energia reduzida ou em locais abrigados, onde os poluentes não conseguem se dissipar de maneira eficaz, provocando alterações no equilíbrio desse ecossistema (McLachlan; Defeo, 2018). Além disso, a "pesca fantasma", que ocorre quando equipamentos de pesca são descartados de maneira imprópria ou perdidos pode resultar em

ferimentos, mutilações, sufocamentos e até mortes lentas e dolorosas para a fauna desses ambientes (Panho, et al., 2022).

Já a respeito da erosão, uma dos grandes fatores é a urbanização desenfreada que ocorre na orla das praias e tem provocado transformações significativas que comprometem a estabilidade desses ecossistemas. Entre os principais efeitos, destaca-se o desmatamento da vegetação costeira, a retirada das dunas e a impermeabilização de terraços marinhos holocênicos, além da ocupação da pós-praia (Pereira et al., 2017). Outro fator relevante é a retirada de areia das praias, que pode ocorrer por meio de mineração ou limpeza pública. Essa prática gera um déficit sedimentar que impacta diretamente a saúde das praias, tornando-as mais vulneráveis a processos erosivos comprometendo ainda mais a resiliência dos ambientes costeiros. (Souza, 2009).

Em suma, essa enorme ocupação da costa e o estabelecimento de indústrias perto do litoral ameaçam as praias brasileiras enfatizando que estressores cumulativos locais, regionais e globais impactam a biodiversidade e equilíbrio dessas regiões costeiras (Soares-Gomes et al., 2023).

4.3 Fauna Bentônica de Praias

A macrofauna de praias arenosas inclui os organismos coletados com malhas de 0,5 a 1 mm de diâmetro, que inclui os principais grupos de invertebrados, como crustáceos, moluscos, Annelida. As características comuns à maioria desses organismos estão relacionadas à grande dinâmica das ondas, grande mobilidade, capacidade de enterramento rápido, resistência ao atrito com a areia. A comunidade de invertebrados muda com relação à morfodinâmica das praias. Crustáceos, geralmente dominam na parte superior do entre marés e em praias refletivas. Poliquetas dominam em praias protegidas e na região inferior da praia. Os moluscos em praias intermediárias e em regiões com grande produção de fitoplâncton, atingem grandes biomassas (McLachlan; Defeo, 2018, Amaral et al., 2023).

Esses organismos são categorizados como epifauna (que habitam e se alimentam na superfície do sedimento) ou infaunais (que habitam e se alimentam no sedimento ou entre os grãos de areia). A maioria desses animais habitam permanentemente nessas áreas arenosas, mas alguns são forrageadores eventuais, ou seja, sua presença será determinada por escalas espaciais e por características ambientais (sedimento, ondas, marés) (Corte; Amaral, 2023).

Geralmente, crustáceos, moluscos e anelídeos somam mais de 90% da riqueza de espécies e biomassa das praias oceânicas. Os crustáceos possuem vários gêneros que são característicos de praias, como o gênero *Ocypode*, decapoda. Os peracáridos são representados por várias espécies de anfípodes gamarídeos, isópodes e misidáceos. Entre os isópodes *Excírolana* é um gênero comum à maioria das praias expostas da América Latina, próximo à linha de detritos (McLachlan; Defeo, 2018). A diversidade ecológica da macrofauna faz dela um bioindicador, já que algumas espécies apresentam sensibilidade às alterações ambientais (Schwab, 2017). Além de que essas espécies apresentam uma funcionalidade a respeito do suporte dos ecossistemas costeiros e das populações humanas (Amaral et al., 2023).

Segundo Amaral et al, (2023), a macrofauna bentônica de praias arenosas ganhou destaque nas décadas de 1990 e a grande maioria dos estudos e pesquisas ligados a esse organismos foram relacionados a espécies como a *Excírolana brasiliensis*, como também a *Emerita brasiliensis*.

O entre marés das praias arenosas expostas, é naturalmente estressante, devido à energia das ondas e do substrato arenoso móvel e da altura das marés, apresentando diversidade baixa, com riqueza de espécies variando de uma a trinta espécies. A riqueza aumenta com o grau de morfodinamismo da praia (Ω), com o índice de largura da praia e com a amplitude de maré (Defeo e McLachlan, 2013). A Biodiversidade de praias aumenta a partir de praias refletiva com micro marés até praias dissipativas com macromarés. O aumento de espécies em direção às praias dissipativas reflete a adição de espécies do infralitoral e zona de surf para a parte

inferior do entre marés; o que está relacionado, em certa parte, ao aumento de área da região entre marés (McLachlan; Defeo, 2018).

Em relação à latitude, a riqueza de espécies aumenta em direção aos trópicos, considerando o mesmo tipo de praias, devido ao maior pool de espécies (McLachlan e Dorvlo, 2005). Entretanto, deve-se levar em consideração que a energia das ondas é maior em latitudes maiores, com prevalência de praias de areias finas, com maior contribuição fluvial, com maior ocorrência de praias dissipativas do que nos trópicos, que resultará em maior abundância e biomassa. Praias mais produtivas, geralmente possuem maior número de espécies, de acordo com a hipótese Riqueza-Produtividade (Evans et al., 2005). Áreas com ressurgência e áreas com aumento da energia das ondas promovem a acumulação de ervas marinhas ou algas e contribuem para o aumento da produtividade dos ecossistemas .costeiros.

4.4 Crustáceos

Os crustáceos estão distribuídos em seis classes, Remipedia, Cephalocarida, Branchiopoda, Malacostraca, Maxillopoda e Ostracoda, apresentado 13 subclasses e 47 ordens (Serejo; Young et al, 2006). Dentro desse grupo, 3 ordens vão se destacar pela sua ampla diversidade nas praias arenosas, são eles os Amphipodas, Decápodes e os Isopoda (Corte; Amaral, 2023).

Se levarmos em consideração o grupo taxonômico na avaliação da diversidade de espécies, observa-se uma redução na diversidade de espécies nos crustáceos, embora menos acentuada do que em moluscos e anelídeos. Os crustáceos do supralitoral com adaptação à respiração aeróbica aumentam em riqueza de espécies de praias dissipativas para praias refletivas, tendência inversa dos outros grupos taxonômicos (Defeo e McLachlan, 2011). Animais depositívoros tendem a ser raros ou ausentes em praias refletivas com alta energia das ondas, e alta drenagem do sedimento que dificultam a acumulação de matéria orgânica no sedimento.

Como mencionado, os crustáceos têm uma alimentação diversificada, e devido a essa variedade, sua dieta inclui pequenas plantas aquáticas e macrófitos aquáticos. Essa característica permite que esses animais possam atuar nas cadeias tróficas fornecendo energia para os níveis tróficos superiores quando são predados, já que podem influenciar tanto como produtores, como também consumidores primários (Bui; Lee, 2014), na bioturbação do sedimento e na ciclagem do carbono e da matéria orgânica, onde acabam sendo importantes para investigar a presença de impactos antrópicos nesses ecossistemas devido à sua grande abundância e diversidade (McLachlan, Defeo, 2018).

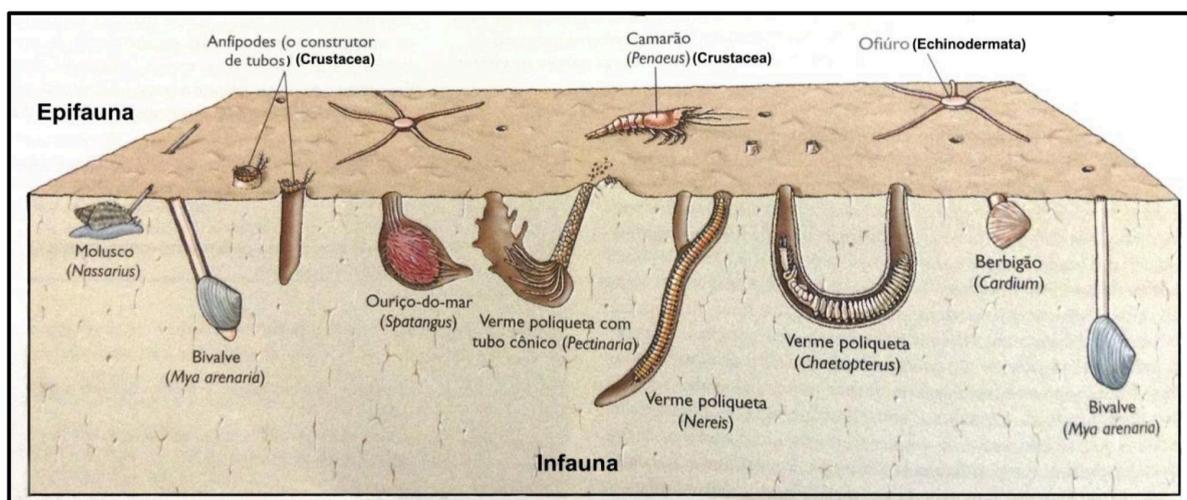
Por essa característica, eles ocupam uma posição chave no centro das cadeias alimentares das praias arenosas (McLachlan; Defeo, 2018) e, portanto, têm sido fonte de estudos para o monitoramento desses ecossistemas, por meio da análise dos isótopos estáveis que descrevem o espaço ecológico das espécies e fornece informações sobre nichos tróficos, contribuindo para a compreensão da estrutura das redes alimentares (Caxito; Silva, 2015).

Esse grupo, geralmente, domina as areias em direção aos níveis superiores das marés e também as costas mais expostas (Veloso; Cardoso; Fonseca, 1997), por isso, esses animais possuem adaptações, como capacidade de enterramento, o qual deve ser rápido e eficaz, evitando que esses organismos sejam arrastados pelas ondas que se aproximam e não corram o risco de serem predados (Corte; Amaral, 2023), resistência à abrasão da areia, conseguem suportar a dessecação e a exposição ao ar, além da sua adaptação à instabilidade do substrato, que está associada à ação das ondas e por causa disso apresentam um elevado grau de mobilidade e a capacidade de lidar com as mudanças das marés ao longo do dia para manter suas posições na costa e recuperá-las quando perdidas (McLachlan; Defeo, 2018).

Por isso, com a facilidade de distribuição ao longo da zona litorânea ativa, esse grupo é considerado espécies modelos para indicar e monitorar a qualidade dessas áreas, ou seja, bioindicadores (Schwab, 2017). Esta definição pode ser vista como um organismo usado em bioensaios para avaliar o efeito biológico de uma

substância, fator ou condição, ou como um organismo que representa diferentes níveis de poluição da água (Knie & Lopes, 2004). Alguns crustáceos já são considerados como bons modelos de estudo devido a sua sensibilidade, diante de alterações no habitat, ciclo de vida curto, dependendo da espécie, pouca mobilidade.

Figura 3 - Representantes da epifauna e infauna de fundos não consolidados



Fonte: sigam.ambiente.sp.gov.br

Dentre esse grupo destacamos os anfípodes, um grupo diversificado de crustáceos, que têm um papel vital nos ecossistemas marinhos, contribuindo para o ciclo de nutrientes e a dinâmica trófica das comunidades bentônicas (Cerqueiraal., 2021). Os anfípodes são consumidores importantes que conectam os produtores primários aos predadores, atuando na transferência de energia dentro dos ecossistemas bentônicos (Srinivas et al., 2024). Esses organismos são típicos das zonas intermareais e superiores de praias arenosas, onde, geralmente, estão associados a destroços, mesmo que possam migrar para a parte superior e média da praia (Corte; Amaral, 2023). Numa comunidade bentônica, acabam sendo indicativos de um ecossistema saudável, pois ajudam a regular as populações de organismos menores e a manter o equilíbrio ecológico, influenciando a dinâmica populacional através de suas interações alimentares e predatórias, pois atuam na aceleração dos processos de decomposição em praias arenosas (Corte; Amaral, 2023). Essa compreensão também possibilita uma melhor avaliação dos eventos e

distúrbios que afetam as comunidades, que podem ser de origem natural ou decorrentes de atividades humanas (Cerqueira et al., 2021).

No grupo anomuras, os gêneros que desempenham um papel importante nos ecossistemas marinhos é formado pelos *Emerita* e *Lepidopa*, que são comumente encontrados em praias arenosas, com várias espécies conhecidas nas praias ao redor do mundo. No Brasil ocorrem duas espécies *Emerita brasiliensis* e *Emerita almeidae* (Mantelatto; Balbino, 2023) e três espécies de *Lepidopa*: *L. richmond*, *L. distincta* e *L. venusta* (Melo, 1999). No litoral pernambucano ocorrem *E. almeide* (Mantelatto; Balbino, 2023), *L. distincta* e *L. richmond* (Melo, 1999).

Os crustáceos dos gêneros *Emerita* e *Lepidopa* apresentam uma característica de locomoção bastante marcante, movendo-se à medida que a onda avança e recua, ou seja, apresentam migração mareal. Essa competência não só os auxilia a se ajustar às condições dinâmicas da zona de varrido, como também possibilita a utilização dos nutrientes trazidos pelas ondas. Estes animais figuram entre as espécies mais significativas na formação de comunidades macrofaunísticas, procurando se estabelecer entre o nível médio da maré baixa e o nível médio da maré alta, ou seja, na zona intermareal das praias arenosas expostas. Por isso, o uso desses organismos como bioindicadores possibilita uma avaliação unificada dos impactos ecológicos provocados por variados tipos de poluição (Barros; Dias, 2023).

Entre os Isopoda, o gênero que pode ser descrito é a *Excireolana*, talvez a espécie tipicamente encontrada em zona entremarés, sendo suas espécies bastante abundantes em praias tropicais e subtropicais (Paiva, 2012) nas praias arenosas, e incorpora espécies anteriormente pertencentes a *Pontogeloides*; ocorre desde o limite externo da zona de arrebentação até o topo da encosta entremarés e em águas salobras, que contribui para sua ampla distribuição nas Américas, podendo ser encontrada tanto nos oceanos Pacífico como no Atlântico (McLachlan; Defeo, 2018).

O gênero é composto por cerca de 12 espécies, sendo que quatro delas ocorrem no Brasil, sendo encontradas no nordeste a *Excireolana latipes* (Van Name,

1920) e *E. braziliensis* (Richardson, 1912) (Paiva, 2012). Por outro lado, a espécie *E. braziliensis* possui uma distribuição mais extensa, tanto na morfodinâmica das praias quanto na sedimentologia, abrangendo areias finas e grossas (Souza et al., 2000). Portanto, o uso de *Excirrolana braziliensis* como bioindicador de impactos ambientais em praias arenosas é possível, uma vez que essa espécie é particularmente suscetível (Couto et al., 2019) a mudanças provocadas pelo pisoteio, além de sua extensa distribuição, o que a torna relevante para pesquisas de monitoramento ambiental em ecossistemas costeiros.

De acordo com Cisneros et al (2017), as praias arenosas não possuem uma ampla fonte de energia, como a presença de plantas macrófitas para alimentar os consumidores, sendo os produtores primários autóctones o fitoplâncton e o microfitobentos. Portanto, seres como os crustáceos necessitam encontrar estratégias para escolher os alimentos que vão consumir e que contribuirão para sua sobrevivência e reprodução. Por isso, a estratégia de forragear é bastante frequente para eles, seja na linha de deriva ou ao longo da costa, onde os alimentos obtidos são provenientes de recursos alóctones (recursos provenientes de fora, como detritos e MO) (Harris et al., 2019).

Nesse contexto, os crustáceos têm sido bem utilizados como bioindicadores de impactos antrópicos em praias arenosas, pois permitem uma avaliação de curto prazo das respostas ao estresse ambiental (Barros; Dias, 2023). Essa relação entre suas estratégias de forrageamento e sua função como bioindicadores destaca a importância desses organismos na compreensão da saúde ecológica das praias.

4.5 Isótopos estáveis

A primeira citação sobre o termo Isótopos estáveis se deu em 1913, quando Joseph Thomson fez a primeira observação numa experiência com tubos cheios de néon, onde no mesmo ano F. Soddy e A. Fleck introduziram o termo isótopo, termo este que é descrito como variantes do mesmo elemento químico que compartilham o número de prótons e diferem dos demais em relação ao número de nêutrons (Ferreira et al., 2021).

Os isótopos podem ser classificados em duas categorias principais: estáveis e radioativos. Isótopos estáveis ocorrem naturalmente e são comuns, enquanto isótopos radioativos, que também ocorrem naturalmente, são instáveis e decaem ao longo do tempo (Caxito e Silva, 2015).

Bergamino et al., (2016), destacam a importância dos isótopos estáveis para estabelecer a extensão do nicho trófico de uma espécie. Isso ocorre porque os isótopos de ^{13}C e ^{15}N fornecem informações sobre os recursos biológicos e habitats cenopoéticos do nicho (que moldam a forma como as espécies interagem entre si e com o ambiente). Isso se deve ao fato de que elementos como Carbono, Hidrogênio, Oxigênio, Nitrogênio e Enxofre (CHON'S) estão presentes nas estruturas moleculares de carboidratos, lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos (DNA e RNA), mostrando uma abundância natural e, por isso, são mais frequentemente aplicados em estudos ambientais, pois podem ser usadas para traçar padrões e verificar mecanismos fisiológicos em organismos; traçar fluxos energéticos em cadeias alimentares; e ainda no estabelecimento das vias de ciclagem de nutrientes em ecossistemas terrestres e aquáticos (Thompson et al., 2005).

Portanto, ao longo dos últimos 20 anos, essa técnica vem crescendo nesse meio e tem se mostrado eficaz como traçadores químicos, refletindo os processos físico-químicos e metabólicos de maneira integrada, onde os isótopos estáveis de H e O são utilizados na determinação da composição da água utilizada pelos vegetais, e os isótopos de C, N e S são utilizados para elucidar vias fotossintéticas, processos fisiológicos nos vegetais ou na determinação das fontes de alimento para consumidores em teias alimentares aquáticas ou terrestres (Thompson et al., 2005). No entanto, na análise isotópica, os isótopos mais comumente usados para estudos de alimentação trófica em estudos biológicos e ecológicos são o ^{13}C e o ^{15}N , devido ao seu padrão consistente de enriquecimento trófico, independentemente da posição do organismo na cadeia alimentar (Almeida et al., 2019).

Esses processos de enriquecimento isotópico são específicos para cada tecido animal, pois diversos tecidos podem apresentar tempos distintos de assimilação de nutrientes. Esse fenômeno pode ser descrito como uma "memória

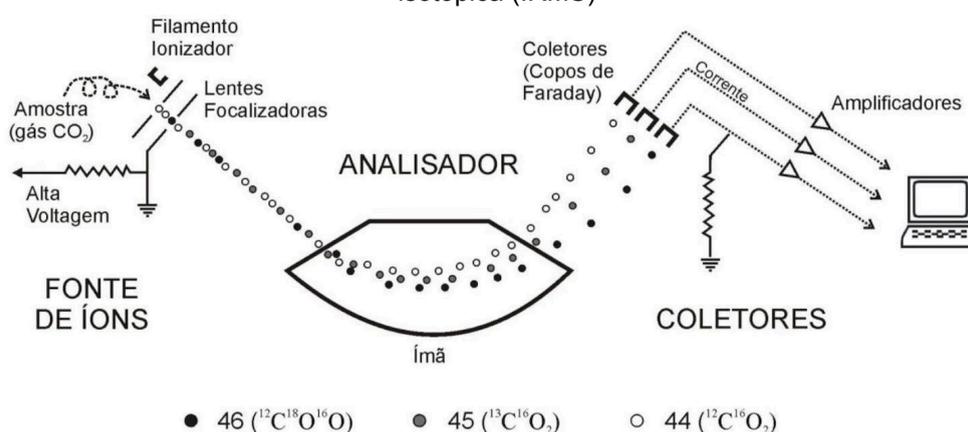
digital" que reflete o alimento consumido ou os ambientes pelos quais o animal se deslocou (Caxito; Silva, 2015).

Portanto, pesquisas pioneiras com isótopos estáveis em animais evidenciaram que a assinatura isotópica dos organismos reflete claramente os recursos alimentares consumidos e assimilados, sendo útil para estudar cadeias e redes alimentares, padrões de deslocamento dos seres vivos, assimilação alimentar, posição trófica e fluxo de energia nos ecossistemas (Ferreira et al., 2021).

4.5.1 Análise Isotópica

A análise de isótopos estáveis baseia-se na avaliação da razão isotópica, que é a razão entre isótopos pesados e leves de um elemento, na amostra em comparação com padrões internacionais de valores conhecidos (CIAFURG, 2020). A característica de estabilidade desses isótopos refere-se à sua capacidade de não se deteriorar em outros elementos, devido à sua combinação estável de prótons e nêutrons (Ferreira et al., 2021). Dessa forma, é possível identificar e conservar informações sobre a origem dos materiais coletados.

Figura 4 - Representação esquemática de como funciona a espectrometria de massa de razão isotópica (IRMS)



Fonte: F.A. Caxito & A.V. Silva, 2015.

Dada a crescente utilização da análise isotópica em diversas áreas de pesquisa, especialmente na ecologia e na biogeoquímica, o espectrômetro de massa de razão isotópica (IRMS) tornou-se um instrumento crucial. Desenvolvido por J.J. Thomson em 1910, o IRMS continua a ser uma ferramenta analítica de

importância significativa, trazendo desenvolvimentos tecnológicos que aumentam a eficácia e a precisão das técnicas analíticas isotópicas, contribuindo substancialmente para o progresso dessa área de estudo.

Um espectrômetro de massa é um instrumento que converte moléculas individuais em íons e analisa a abundância relativa desses íons gerados. Na câmara iônica, cada molécula é ionizada, formando um íon molecular (cátion radical), que pode sofrer fragmentação em íons menores, permitindo a análise detalhada. Existem dois tipos básicos de espectrômetros de massa para análise isotópica: entrada dupla (DI-IRMS) e fluxo contínuo (CF-IRMS). Em geral, a precisão é maior no sistema de entrada dupla, enquanto o fluxo contínuo permite a introdução de amostras de múltiplos componentes, como ar atmosférico, solo e folhas, possibilitando a obtenção de informações isotópicas para elementos ou compostos individuais na mistura (Michener; Kaufman, 2007). O método identifica um composto ao determinar seu peso molecular e analisar sua abundância isotópica.

O IRMS é composto por três seções principais. A primeira seção é a fonte de íons, localizada em uma extremidade do aparelho, onde as moléculas da amostra são ionizadas. A segunda seção, o analisador de massas, está situada na parte central do instrumento e é responsável pela separação dos íons com base em suas massas. Por fim, a terceira seção contém um conjunto de coletores de íons, na extremidade oposta, que detectam os íons separados. Esta configuração possibilita o cálculo das razões isotópicas de diversos elementos em uma mesma molécula, permitindo a elaboração de uma impressão digital minuciosa das moléculas com base em diversas variáveis (Caxito e Silva, 2015). Por esta razão, os elementos C, N, S, H e O que possuem mais que um isótopo e por ter a composição isotópica natural dos materiais, pode ser medida com elevada precisão, utilizando espectrômetro de massa (Pereira; Benedito, 2008).

A variação isotópica entre diversos materiais (por exemplo, folhas, minerais, água marinha) é significativamente menor. Portanto, a composição isotópica é documentada com base em um valor internacional normal, medido em partes por mil. Ou seja, a razão (R) entre dois isótopos estáveis, como $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ e $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, é

quantificada nas amostras analisadas e expressa em relação a um padrão internacional (Fry, 2006), utilizando a notação δ , onde a fórmula é:

Figura 5 - Representação da fórmula da razão isotópica.

$$\delta_{\text{amostra}} = \left\{ \left(R_{\text{amostra}} / R_{\text{padrão}} \right) - 1 \right\} \times 1000$$

δ = desvio relativo R = razão isotópica

Fonte: batepapocomneturno

Quando uma amostra possui uma maior quantidade do isótopo raro em relação ao padrão internacional, ela é considerada enriquecida, resultando em valores mais positivos de δ . Por outro lado, amostras com uma menor quantidade do isótopo raro são chamadas de empobrecidas, apresentando valores mais negativos de δ (Ferreira; Braga; Di Benedetto, 2021).

Os estudos que investigam a composição isotópica de qualquer amostra são baseados nessas razões, determinadas analiticamente em um espectrômetro de massa de razão isotópica (IRMS). O processo pelo qual ocorre a discriminação de um isótopo em relação ao outro é denominado fracionamento isotópico, resultando no enriquecimento ou empobrecimento do isótopo raro da amostra em relação à sua fonte.

Estudos pioneiros com isótopos estáveis em animais, que utilizaram dieta controlada, demonstraram que os recursos alimentares consumidos e assimilados pelos organismos se refletiam claramente em suas assinaturas isotópicas (DeNiro e Epstein, 1981). Desde então, esses traçadores químicos têm sido utilizados para investigar cadeias e redes alimentares, padrões de movimentação dos organismos, assimilação alimentar, posição trófica e fluxo de energia nos ecossistemas (Ferreira et al., 2021).

4.5.2 Relações tróficas em praias

Os grupos tróficos da região entre marés incluem predadores, necrófagos, suspensívoros e depositívoros. Depositívoros ocorrem em praias protegidas e dissipativas. Isto é, sua proporção aumenta com as condições mais protegidas, sedimentos mais finos, e inclinação da praia mais suave. Em praias abertas dominam os suspensívoros (McLachlan; Defeo, 2018). Em praias com alta produção de fitoplâncton na zona de surf, ocorrem grandes densidades e biomassa de suspensívoros. Na linha de detritos, margem supralitoral, predominam necrófagos e depositívoros, como o *Ocypode*. As praias não possuem produtores primários macroscópicos, e a produção primária local, não é suficiente para manter a macrofauna existente, demonstrando que boa parte da produção que sustenta a teia alimentar da praia vem da cadeia de detritos autóctone e alóctone (mar adjacente, também de estuários próximos) (McLachlan; Defeo, 2018).

Praias com grande biomassa de material vegetal encalhado (ervas marinhas e macroalgas) apresentam dinâmica peculiar. Comedores de matéria animal e vegetal morta (scavengers), como anfípodes talitrídeos, insetos e isópodes oniscídeos, dominam a biomassa que é concentrada na região superior da praia (Colombini ET al., 2011, Defeo; McLachlan, 2018). Os isópodes são importantes no entre marés superior também nessas praias. Podemos dividir os predadores das praias em três tipos: 1- predadores terrestres, como insetos, aranhas e aves; 2- peixes; e 3- invertebrados residentes, principalmente crustáceos (McLachlan; Defeo, 2018).

Por isso, a análise do conteúdo estomacal é fundamental para compreender as necessidades nutricionais e as interações entre organismos bentônicos. No entanto, a quantificação e identificação dos alimentos, juntamente com a morfologia e os métodos de predação, são essenciais para entender as preferências alimentares de cada espécie. Logo, vão oferecer uma perspectiva mais ampla sobre como esses organismos se alimentam e interagem com o ambiente ao seu redor. Entretanto, esses estudos são pontuais em relação ao tempo, necessitando de várias coletas, para uma descrição trófica precisa da espécie. Esses estudos também precisam da identificação dos itens do conteúdo estomacal, o que pode se

tornar inviável em animais que trituram o alimento na ingestão do alimento (Bergamino et al., 2016).

Logo, a análise isotópica e os isótopos estáveis proporcionam um método eficiente para testar marcadores que representam uma variação temporal mais ampla. Isso tem contribuído para a compreensão da ecologia trófica de crustáceos como *Excitrolana*, *Lepidopa*, *Emerita* e anfípodes, que exercem funções vitais nos ecossistemas costeiros. Com base nessas análises, podemos identificar como os efeitos humanos, a poluição e a deterioração dos habitats impactam a alimentação e a ecologia desses crustáceos, auxiliando na compreensão mais profunda das consequências dessas ações em seus ciclos de vida (Michener; Kaufman, 2007).

Por meio disso, os isótopos estáveis de carbono e nitrogênio são ferramentas essenciais na análise de ecossistemas, pois ajudam a entender como funcionam as dinâmicas tróficas em crustáceos (Bianchi; Canuel, 2011), distinguindo entre fontes de carbono, alóctones e autóctones, que são importantes para compreender as interações tróficas nas cadeias alimentares. Da mesma forma, que os isótopos de nitrogênio (^{15}N e ^{14}N) revelam diferenças entre fontes de nitrogênio inorgânico e orgânico, refletindo o fracionamento que ocorre durante a assimilação primária (Garcia; Oliveira; Odebrecht et al, 2019).

Um exemplo prático dessa aplicação é o estudo de Bergamino et al (2012), que analisou as razões isotópicas de ^{13}C e ^{15}N da matéria orgânica terrestre (MOT) e particulada (MOP) para entender a assimilação de *Excitrolana armata* em praias arenosas do Uruguai. Os resultados mostraram que a MOT era o principal componente da dieta desse crustáceo próximo a um canal de água doce, enquanto a MOP tornou-se predominante em áreas mais distantes. Esses dados ajudaram a estimar a posição trófica do organismo e a entender como as variações nas fontes de alimento afetam sua ecologia, já que mostrou a presença de um aumento médio de 1% em relação às fontes de carbono, permitindo a identificação das fontes alimentares nas teias tróficas, e os valores de $\delta^{15}\text{N}$, onde se observou um aumento médio de 3,4% em consumidores em relação às suas fontes primárias (Bergamino; Lercari; Defeo, 2012).

Além disso, Carcedo et al (2024) destacam o uso de isótopos estáveis para avaliar a ecologia trófica de invertebrados epi e hyperbentônicos da zona de surf de praias arenosas. Os resultados mostraram uma diminuição da contribuição de fontes alimentares estuarinas à medida que se distanciava da desembocadura do estuário, indicando mudanças na estrutura de nichos. Com isso, afirma que as fontes alimentares mais diversas resultaram em nichos mais estreitos sem sobreposição; já a menor diversidade de fontes alimentares resultou em nichos tróficos maiores com sobreposição (Carcedo, et al, 2024).

Com isso, entendemos que a variabilidade interindividual nos isótopos de carbono (C) e nitrogênio (N) no espaço bivariado pode ser usada para medir o nicho trófico populacional. Além de que a relação entre o total de carbono e o nitrogênio pode revelar dados sobre o estado fisiológico de um organismo, já que é comumente empregada como uma estimativa do conteúdo lipídico. Portanto, as medições de isótopos estáveis fornecem informações sobre o uso de recursos e o estado dos organismos. Finalmente, a matéria orgânica (MO) presente nos sedimentos pode ter um impacto populacional nos pontos finais de reprodução das espécies bentônicas (Garrison; Karlson; Nascimento, 2022).

Um outro exemplo que podemos mencionar, segundo Bergamino et al., (2016), é o papel das diatomáceas na zona de surfe, que são uma importante fonte de alimento. No entanto, a avaliação dessas diatomáceas através de técnicas de análise estomacal apresenta desafios, pois o material está triturado, o que complica a identificação de itens alimentares. Com essa restrição, a análise de isótopos estáveis se apresenta como um instrumento para analisar a variação espacial das possíveis fontes de alimentação e dos organismos consumidores que residem em áreas costeiras.

Logo, o artigo também detalha a utilização da análise de isótopos derivados de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) para compreender a alimentação e a posição trófica dos consumidores em ecossistemas. Mostrando como a proporção de $\delta^{13}\text{C}$ nos tecidos de um consumidor indica sua pressão com uma ligeira variação (0–1‰), reduzindo a composição da dieta. Por outro lado, a razão de $\delta^{15}\text{N}$ tende a aumentar

de 2 a 4‰ em relação à presa, auxiliando na definição do nível do consumidor na cadeia alimentar (Bergamino et al., 2016). Assim, compreendemos que a técnica de isótopos estáveis e o conceito de nicho isotópico são capazes de identificar alterações mínimas nas características do nicho trófico em espécies de praias arenosas, incluindo alterações no próprio nicho trófico (McLachlan; Defeo, 2018).

Portanto, o uso dessa abordagem evidencia as transformações na estrutura da cadeia alimentar, impulsionadas pelos consumidores móveis de alto nível trófico, que são capazes de reagir comportamentalmente à variação espacial em suas presas, seja por meio da distribuição e da acessibilidade desses recursos de acordo com as condições ambientais. Logo, quando essas mudanças são documentadas podem atuar como uma poderosa ferramenta para prever as consequências dos impactos humanos no ecossistema (Tewfik et al., 2016).

Dessa maneira, essas avaliações oferecem dados relevantes sobre a alimentação e a função dos seres vivos em seus ecossistemas, facilitando a compreensão das interações tróficas e trazendo informações mais precisas e integradas sobre a dieta dos consumidores identificadas e amostradas, sendo uma alternativa adequada para a medição integrativa temporal dos alimentos assimilados ao longo da história de vida (Srinivas et al., 2024). Mesmo que ainda poucas áreas envolvam a aplicação dos métodos de isótopos estáveis para estudos ecológicos, podemos observar um crescimento explosivo no campo do rastreamento de animais, consequência dessas das limitações dos métodos convencionais envolvendo marcadores extrínsecos (Michener; Kaufman, 2007).

A análise da literatura possibilitou uma compreensão mais ampla e embasada sobre o tema, dessa forma, fundamentou as conclusões apresentadas neste trabalho, contribuindo para um entendimento mais robusto das implicações ecológicas e funcionais dos isótopos nos crustáceos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, foi realizada uma análise da literatura sobre a estudos de isótopos estáveis como ferramenta para identificar relações alimentares em ecossistemas costeiros, com ênfase nas praias arenosas. Apesar de essa técnica ser amplamente utilizada em outros ambientes terrestres e marinhos, sua aplicação em praias ainda é escassa, o que representa uma lacuna significativa na pesquisa ambiental. Dado que as praias arenosas correspondem a cerca de 70% das costas de oceanos abertos e são vulneráveis às atividades humanas, a adoção da análise isotópica nesses ecossistemas pode proporcionar insights valiosos sobre os processos que estruturam os ecossistemas, podendo ser usados para analisar efeitos da contaminação e da degradação que ocorre nesses ambientes.

A análise isotópica fornece informações valiosas em escalas espaço-temporais que frequentemente não são consideradas em estudos tradicionais de teias alimentares, que costumam se basear apenas nas preferências alimentares das espécies ou na composição da comunidade. Os isótopos estáveis são amplamente distribuídos nos ecossistemas, e sua variação natural reflete as interações com os processos físicos e metabólicos que os influenciam. Uma das principais vantagens dessa técnica é sua aplicabilidade em estudos de campo, onde as medições da distribuição isotópica revelam como os diferentes componentes do ecossistema estão interconectados.

Portanto, é essencial que futuras pesquisas explorem mais profundamente o potencial da análise isotópica em praias arenosas. Isso não apenas ajudará a preencher lacunas no conhecimento atual, mas também promoverá a sustentabilidade dos ecossistemas costeiros diante das crescentes pressões antropogênicas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, T. C. M.; ROCHA, P. F. P.; ZALMON, I. R.; ALMEIDA, M. G.; REZENDE, C. E.; RADETSKI, C. M. Is there an indication of the origin of nutrient supply in different morphological structures of macrofauna at two different Brazilian southeastern sandy beaches? Comparison by C and N stable isotopes. ***Environmental Science and Pollution Research***, v. 26, p.33023–33029. 2019.
- AMARAL, A. C. Z.; CHECON, H. H.; CORTES, G. N. (orgs.). Capítulo 4: Benthic invertebrate macrofauna. In: AMARAL, A. C. Z.; CHECON, H. H.; CORTES, G. N. (orgs.). Capítulo 4: Benthic invertebrate macrofauna. **Brazilian Sandy Beaches**. Brasília: Springer, 2023. p. 91-126.
- BAPTISTA, M. S.; BERNARDES, D. O. L. Os impactos dos fatores antrópicos nas praias da área de proteção ambiental (APA) Costa Brava em Balneário Camboriú - Santa Catarina, Brasil. ***Revista Metodologias e Aprendizado***, v. 4, 2021.
- BARROS, A.; DIAS, F. F. A bibliometric analysis of publications in studies of the bioindicator species *Emerita brasiliensis* Schmitt, 1935 (Decapoda: Hippidae) in 20 years. ***Revista Acta Ambiental Catarinense***, v. 20, n. 1, p. 01-18, set. 2023.
- BERGAMINO, L.; LERCARI, D.; DEFEO, O. Terrestrial trophic subsidy in sandy beaches: evidence from stable isotope analysis in organic matter sources and isopod *Excirrolana armata*. ***Aquatic Biology***, v. 14, p. 129–134, 2012.
- BERGAMINO, L.; MARTÍNEZ, A.; HAN, E.; LERCARI, D.; DEFEO, O. **Trophic niche shifts driven by phytoplankton in sandy beach ecosystems**. v. 1.80. 2016. p.33-40.
- BERGAMINO, L.; LERCARI D.; DEFEO O. Food web structure of sandy beaches: Temporal and spatial variation using stable isotope analysis. ***Estuarine, Coastal and Shelf Science***. v . 91, p. 536- 543. 2011
- BIANCHI, T. S.; CANUEL, E. A. **Capítulo 3**. In: Chemical Biomarkers in Aquatic Ecosystems. Princeton: Princeton University Press. v. 1. 2011.
- BUI, T. H. H.; LEE, S. Y. Does 'you are what you eat' apply to mangrove grapsid crabs?. ***PLoS ONE***, v. 9, n. 2, 2014.
- CARCEDO, M. C. et al. Niche width and overlap of benthic invertebrates in surf zones increase with distance from the estuarine source of organic matter. ***Estuarine, Coastal and Shelf Science***, v. 298, p. 108620, 2024.

CASTRO-SOUZA, T.; BOND-BUCKUP, G. The trophic niche of two sympatric Aegla Leach species (Crustacea, Aeglidae) in a tributary of hydrographic basin of Pelotas River, Rio Grande do Sul Brazil. **Rev. Bras. Zool.** v. 21. 2004. 9 p.

CAXITO, F. A.; SILVA, A. Isótopos estáveis: fundamentos e técnicas aplicadas à caracterização e proveniência geográfica de produtos alimentícios. **Revista Geonomos**, v. 23, n. 1, dez. 2015.

CERQUEIRA, W. R. P.; SANTOS, V. O. Amphipoda (Crustacea) associated with biological substrates of rocky shores in tropical environments (Salvador, Bahia, Brazil) in a situation of acute pre-impact oil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 6, jun. 2021.

COLOMBINI I.; BRILLI M.; FALLACI M.; GAGNARLI E.; LORENZO, C. L. Food webs of a sandy beach macroinvertebrate community using stable isotopes analysis. **Acta Oecologica**. V. 37, p. 422-432. 2011.

COUTO, N. S.; LEROY, A. C. A.; RANGEL, D. F.; COSTA, L. L. Excirolana braziliensis (Richardson, 1912) como possível bioindicador do impacto do pisoteio em praia arenosa. **Anais do 2º Encontro de Pós-Graduação**. Cabo Frio, 2019.

CHAPIN, F.S.; MATSON, P.A.; MOONEY, H.A. **Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology**. 1. ed. Nova York, NY: Springer, 2002. p. 3–17.

DA SILVA, L.M.; GONÇALVES, R. M. Análise e detecção das modificações antrópicas no ambiente praial em Boa Viagem, Recife, PE. **Cadernos de Geociências**, v. 14, n. 1-2, p. 54-63, maio-nov. 2018.

DEFEO, O.; MCLACHLAN, A. Global patterns in sandy beach macrofauna: Species richness, abundance, biomass and body size. **Geomorphology**, v. 199. 2013 p. 106–114.

Espectrometria de massa de razão isotópica (IRMS). **FURG**, 2023. Disponível em: <<https://cia.furg.br/en/noticias/76-espectrometria-de-massa-de-razao-isotopica-irms>> . Acesso em: 18 de set. 2024.

EVANS, K. L.; WARREN, P. H.; GASTON, K. J. Species-energy relationships at the macroecological scale: a review of the mechanisms. **Biol. Rev.** v. 80, n. 1. 2005 p. 1–25.

FERREIRA, K. A.; BRAGA, A. A.; DI BENEDITTO, A. P. M. Studies of decapod crustaceans with stable isotopes: bibliometric analysis between 2010 and 2020. **Conjecturas**, v. 21, p. 4, out. 2021.

FONSECA, D.; VELOSO, V.G.; CARDOSO, R.S. Growth, mortality, and reproduction of *Excirrolana braziliensis* Richardson, 1912 (Isopoda, Cirolanidae) at Prainha, Rio de Janeiro, Brazil. **Crustaceans**, v. 73, n. 5, p. 535-545, June 2000.

FRY, B. **Stable Isotope Ecology**. Los Angeles: Springer, p.316. 2006.

HARRIS, L. R.; HARRIS, K. A.; NEL, R. Food preferences of two sandy beach scavengers with different foraging strategies. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 184, p. 115-125, 2019.

HATJE, V.; DA CUNHA, L. C.; COSTA, M. F. Mudanças globais, impactos antrópicos e o futuro dos oceanos. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 6, no prelo, 2018.

HIPÓLITO, M. F. Diversidade e distribuição de siris (Decapoda: Brachyura: Portunidae) e dinâmica populacional de *Callinectes ornatus* no litoral norte de São Paulo. **Tese (Doutorado em Ciências Biológicas), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu**, 2014. p.154.

GARCIA, A. M; OLIVEIRA, M. C. L. M; ODEBRECHT, C.; COLLING, J. L. A; VIEIRA, J. P; RODRIGUES, F. L.; BASTOS, R. F. Matéria orgânica alóctone versus autóctone sustentando macroconsumidores em uma praia arenosa subtropical revelada por isótopos estáveis. **Marine Biology Research**, v. 15, n. 3, p. 241–258, 2019.

GARRISON, J. A.; KARLSON, A. M. L.; NASCIMENTO, F. J. A. Amphipod isotope composition, condition and reproduction in contrasting sediments: a reciprocal transfer experiment. **Frontiers in Marine Science**, v. 9, art. 923, 2022.

KATO, D, S.; MARTINS, L. A. P. A “sociologia de plantas”: Arthur George Tansley e o conceito de ecossistema (1935). **Filosofia e História da Biologia**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 189-202, 2016.

KNIE, J. L. W.; LOPES E. W. B. **Testes Ecotoxicológicos: métodos, técnicas e aplicações**. Florianópolis: FATMA/GTZ, 289 p, 2004.

LEITE, I. T. É.; CARVALHO, J.P. M.; GODOI DE CAMARGOS, L. M. G.; CARVALHO, G. W.A. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade da água em uma lagoa do IFMG - campus Bambuí. In: **II Seminário dos Estudantes de Pós-graduação**. Minas Gerais, 2016.

LIMA, D. F. C.; ZAVASKI, F.; ANDREAZZI, M. A.; PEREZ LIZAMA, M. A. Levantamento sobre os principais organismos bioindicadores de qualidade da água. In: **CONFERÊNCIA: 17º Congresso Nacional do Meio Ambiente, 2022**, Minas Gerais , v. 12, n. 1, 2020.

LOZOYA, J.; et al. Praias: princípios e diretrizes para gestão. **Itajaí: Autor e editor**. 2022. 64 p.

MANTELATTO, F. L.; PAIXAO, J. M.; ROBLES, R., TELES, J. N.; BALBINO, F. C. Evidências usando morfologia, moléculas e biogeografia esclarecem o status taxonômico dos caranguejos-toupeira do gênero *Emerita Scopoli, 1777* (Anomura, Hippidae) e revelam uma nova espécie do Atlântico ocidental. **ZooKeys**. v. 1161, n. 169, p. 169-202. 2018.

MARIA, T.; ESTEVE, A.; GARRAFONI, A.; GALLUCCI, F.; WANDENESS, D. P.; CUNHA, B. P.; FONSECA, G.; NETTO, S.; DI DOMENICO, M. Capítulo 3: Meiofauna biodiversity. In: AMARAL, A. C. Z.; CHECON, H. H.; CORTES, G.N. (orgs.). **Brazilian Sandy Beaches**. Brasília: Springer, 2023. p. 57-90.

MCLACHLAN, A.; DEFEO, O. Coupling between macrofauna community structure and beach type: a deconstructive meta-analysis. **Marine Ecology Progress Series** .v. 433, p.29-41. 2011.

MCLACHLAN, A.; DEFEO, O. **The ecology of sandy shores**. Academic Press, Elsevier, 2018. 556 p.

MCLACHLAN A.; DORVLO .Padrões globais em comunidades macrobentônicas de praias arenosas. **Journal of Coastal Research**. v. 214, p. 674-687. 2005.

MELO, G. A .S. **Manual de identificação dos Crustacea Decapoda do litoral brasileiro: Anomura, Thalassinidea, Palinuridea e Astacidae**. 1999.

MICHENER, H. R.; KAUFMAN, L. Stable isotope chemistry and measurement: a primer. In: **Stable isotopes in ecology and environmental science**. Oxford: Blackwell Publishing, 2007. p. 159-161.

ODEBRECHT, C.; FRANCO, A. O. R.; HORTA, P.; RÖRIG, L. R.. Capítulo 2: Primary producers. In: AMARAL, A.C.Z.; CHECON, H. H.; CORTES, G.N. (orgs.). **Brazilian Sandy Beaches**. Brasília: Springer, 2023. p. 31-56.

ORTEGA-CISNEROS, K.; DE LECEA, A. M.; SMIT, A. J.; SCHOEMAN, D. S. Resource utilization and trophic niche width in sandy beach macrobenthos from an oligotrophic coast. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 184, p. 115-125, 2017.

PAIVA, R. J. C. **Família Cirolanidae Dana, 1852 (Crustacea, Isopoda) do Norte e Nordeste do Brasil**. 2012. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Oceanografia, Recife, 2012.

PANHO, J. P. A. et al. **Um olhar multidimensional para a Década do Oceano**. Módulo 3: Impactos Antrópicos. **EAMar**. São Paulo: Instituto Oceanográfico, USP, 2022. 126 p.

PAULA, D. P.; OLIVEIRA, C. E.; DIAS, J. A.; FONSECA, L. C. DA; RODRIGUES, M. A. C.; ALBUQUERQUE, M. G.; PALMA, M.; PEREIRA, O. N.; BERGAMASCHI, S. O ecótono mar/continente: algumas considerações. In: **Gestão das zonas costeiras: a influência continental na qualidade ambiental**. Tomo XII. 1. ed. Rio de Janeiro: UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro/Faculdade de Geologia, 2024. cap. 12.

PEREIRA, A. L.; BENEDITO, Evanilde. Isótopos estáveis em estudos ecológicos: métodos, aplicações e perspectivas. **Revista Biociências**. Taubaté, v. 13, n. 1-2, p. 16-27, 2007.

PEREIRA, P.S.; ARAÚJO, T. C. M.; VAZ MANSO, V. A.. Capítulo 10: Tropical Sandy Beachs of Pernambuco State In: SHORT, A. D.; KLEIN, A.H.F. (orgs.). **Brazilian Beach Systems**. Coastal Research Library, v. 17, p. 251-280, 2017.

PEREIRA, R.; SOARES, A. (Org.). **Biologia marinha**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. 631 p.

REDE NACIONAL DE ISÓTOPOS FORENSES. **ReNIF Brasil**. 2022. <Disponível em: <https://www.renifbrasil.org/>>. Acesso em: 26 de set. 2024.

SABO, J. L.; GERBER, L. R. Trophic ecology. **Access Science**. 2014. p. 1-7.

SANTOS, M. E. M.; FERREIRA, C. N. Influência das variáveis ambientais sobre a macrofauna bêntica de praias arenosas. **Ciência e Natura**, v. 41, p. 5, jul. 2019. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

SEREJO, C.; YOUNG, P. S.; CARDOSO, I. A.; TAVARES, C. R.; ABREU JR., C. R. Capítulo 8. In: LAVRADO, H. P.; IGNACIO, B. L. (orgs.). **Biodiversidade bentônica da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira**. Série Livros, 18. Rio de Janeiro: Editores, 2006. p. 299.

SCHWAB, E. J. Macroinvertebrados Bentônicos Na Avaliação De Impactos Ambientais. **Caderno: Meio ambiente e sustentabilidade**, v. 11, n. 6, p.18, 2017.

SHORT, Andrew D.; KLEIN, Antonio Henrique de F. (orgs.). Capítulo 1: Brazilian Beach Systems: Introduction In: SHORT, Andrew D.; KLEIN, Antonio Henrique de F. (orgs.). **Brazilian Beach Systems**. Coastal Research Library, v. 17, p. 01- 36, 2017.

SILVA, V. L.; LIRA, F. L. L.; SÔNIA-SILVA, G. Praia dos Carneiros (PE – Brasil): equinodermas e impactos antrópicos. **Revista Ceciliana**, v. 7, n. 1, p. 24-26, jun. 2015.

SOARES-GOMES, A.; ZALMON, I. R.; MACHADO, P.M.; COSTA, L. L. Capítulo 9: Threats and impacts. In: AMARAL, A. C. Z.; CHECON, H. H.; CORTES, G. N. (orgs.). **Brazilian Sandy Beaches**. Brasília: Springer, 2023. p. 257-290.

SOUZA, C. R. G. A erosão nas praias do estado de São Paulo: causas, consequências, indicadores de monitoramento e risco. In: BONONI, V. L. R.;

SANTOS JUNIOR, N. A. (Org.). *Memórias do Conselho Científico da Secretaria do Meio Ambiente: A síntese de um ano de conhecimento acumulado*. São Paulo: **Instituto de Botânica – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo**. 2009. p. 48-69.

SOUZA, J. S.; NEVES, G.; VELOSO, V. G.; MORGADO, J. M. F.; TEIXEIRA, G. L. F.; SARAIVA, B. F.; LIMA, R. C.; VELOSO, H.; CAPPER, L. **Segregação espacial de *Excirolana armata* e *E. braziliensis* em uma praia arenosa**. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), 2000.

SRINIVAS, T.; SUKUMARAN, S.; BABU, K. R. Differential food utilization of benthic amphipods of a tropical estuary: uma investigação com isótopos estáveis ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$). **Progresso recente na poluição marinha, impactos e pesquisa de soluções**, v. 31, p. 38756–38769, 2022.

TATIPARTHI, S.; SUKUMARAN, S.; BABU, K. R. Differential food utilization of benthic amphipods of a tropical estuary: a stable isotopic ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) investigation. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 31, n. 27, p. 1-14, nov. 2022.

TEIXEIRA, L.; ABREU, A. Aplicação da análise isotópica de composto específico (técnica CSIA) em perícias ambientais para distinguir diferentes fontes de contaminação. **Revista do Instituto Geológico, São Paulo**, v. 39, n. 1, 2018.

TEWFIK, A.; BELL, S. S.; McCANN, K. S.; MORROW, Kristina. Dieta de predadores e posição trófica modificadas com morfologia de habitat alterada. **PLOS ONE**, v. 11, 2016.

THOMPSON, D.; BURY, S.; HOBSON, K. A.; SHANNON, J. Stable isotope in ecological studies. **Oecologia**, v. 144, n. 4, p. 517-519, set. 2005.

VELOSO, V. G.; CARDOSO, R. S.; FONSECA, D. B. Adaptações e biologia da macrofauna de praias arenosas expostas com ênfase nas espécies da região entre-marés do litoral fluminense. **Ecologia Brasiliensis**, v. 3: Ecologia de Praias Arenosas do Litoral Brasileiro, p. 135-154, 1997. Rio de Janeiro.