



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE PESCA E AQUICULTURA  
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PESCA

LARYSA EVELLYN BISPO BORBA

**DIVERSIDADE, DISTRIBUIÇÃO E ABUNDÂNCIA DA ICTIOFAUNA DERMERSAL  
DA REGIÃO NORTE E NORDESTE DO BRASIL**

RECIFE

2026

LARYSA EVELLYN BISPO BORBA

**DIVERSIDADE, DISTRIBUIÇÃO E ABUNDÂNCIA DA ICTIOFAUNA DERMERSAL  
DA REGIÃO NORTE E NORDESTE DO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia de Pesca da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Pesca.

Orientador (a): Thierry Frédou

RECIFE

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE

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

B726d      Borba, Larysa Evellyn Bispo.  
Diversidade, distribuição e abundância da ictiofauna demersal da região norte e nordeste do Brasil / Larysa Evellyn Bispo Borba. – Recife, 2026.  
41 f.; il.  
Orientador(a): Thierry Frédou.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Engenharia de Pesca, Recife, BR-PE, 2026.  
Inclui referências e apêndice(s).  
1. Peixes marinhos. 2. Animais do fundo do mar. 3. Ecologia do fundo do mar. 4. Biodiversidade marinha 5. Peixes - Distribuição geográfica. I. Frédou, Thierry, orient. II. Título  
CDD 639.3

LARYSA EVELLYN BISPO BORBA

**DIVERSIDADE, DISTRIBUIÇÃO E ABUNDÂNCIA DA ICTIOFAUNA DERMERSAL  
DA REGIÃO NORTE E NORDESTE DO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia de Pesca da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Pesca.

Aprovado em: 11/02/2026

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Thierry Frédou

Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

MSc. Andreza da Silva Nascimento

Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

MSc. Matheus Lourenço Soares da Silva

Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

MSc. Andrey Paulo Cavalcanti Soares

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dedico este trabalho a todos que, de alguma forma, caminharam comigo durante esta trajetória. À minha família, pelo apoio incondicional, incentivo constante e por acreditarem em mim mesmo nos momentos de cansaço e incerteza. Aos amigos, que tornaram o percurso mais leve, oferecendo palavras de força, escuta e companheirismo.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Luciana e Denilson, expresso minha mais profunda gratidão por todo o amor, apoio e incentivo ao longo de toda a minha trajetória acadêmica e pessoal. Obrigada por acreditarem em mim, por não medirem esforços para que eu pudesse chegar até aqui e por serem meu alicerce nos momentos de dificuldade. Cada conquista minha carrega um pouco do esforço, da dedicação e dos ensinamentos de vocês.

Ao meu noivo, Endri, minha gratidão mais sincera por ser apoio, parceria e abrigo em todos os momentos dessa caminhada. Obrigada pela paciência, compreensão e incentivo diário, especialmente nos períodos de cansaço, insegurança e dúvidas. Sua presença, carinho e companheirismo foram essenciais para que eu não desistisse e seguisse em frente com coragem. Este trabalho também carrega um pouco do seu amor e da sua confiança em mim.

À minha irmã, Driely, minha sincera gratidão pelo carinho, apoio e presença constante (principalmente durante meus surtos). À minha tia Dai, à minha avó Tereza, às minhas primas Ellen, Laysa e Açucena, à minha tia Elaine e ao meu tio Hélio, agradeço especialmente pelos momentos de alegria, descontração e acolhimento, que foram essenciais para manter o equilíbrio ao longo dessa jornada. Esses instantes de leveza reforçaram a certeza de que nem só de academia se vive a formanda, e foram fundamentais para que eu seguisse com mais ânimo e serenidade.

Ao meu orientador, Thierry, agradeço a convivência ao longo dessa trajetória, que foi muito além da relação formal de orientação. Sua forma descontraída de enxergar a vida e a ciência tornou o caminho mais leve, e essa parceria contribuiu de maneira significativa para minha experiência acadêmica e pessoal durante a graduação. A todo o Laboratório Bioimpact, minha profunda gratidão por me acolherem desde o início, pelo apoio constante, pelas trocas de conhecimento e pela convivência diária. Obrigada por me mostrarem que família vai além dos laços de sangue, sendo construída por meio da vivência, do pertencimento e do cuidado mútuo.

Em especial, à Maria Fernanda, minha duplinha desde o primeiro dia de faculdade. Obrigada por caminhar comigo desde o início, por dividir estágios, aprendizados, desafios e conquistas. Nossa amizade, construída desde o primeiro encontro, se fortaleceu ao longo dos anos e se tornou essencial para minha formação acadêmica e pessoal. Ter você ao meu lado tornou a jornada mais leve, mais divertida

e, sobretudo, mais verdadeira. A Matheus Lourenço, agradeço a ajuda, disponibilidade e pelas correções. As palhaçadas, conversas e a convivência quase diária, afinal sexta-feira é sempre feriado, tornaram esse processo mais leve e contribuíram significativamente para que eu não enlouquecesse.

## RESUMO

O crescimento contínuo do consumo de recursos pesqueiros tem ampliado a pressão sobre os ecossistemas marinhos, tornando essencial a realização de estudos que forneçam subsídios para o manejo sustentável e a conservação da biodiversidade. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar e comparar a diversidade, a distribuição e a abundância da ictiofauna demersal das regiões Norte e Nordeste do Brasil, visando ampliar o conhecimento ecológico desses ambientes. Foram utilizados dados provenientes de três cruzeiros oceanográficos de larga escala, sendo um na região Norte (AMAZOMIX) e dois na região Nordeste (ABRACOS 1 e 2), com amostragens realizadas por meio de redes de arrasto de meia-água em diferentes profundidades, associadas à coleta de variáveis ambientais, como temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e fluorescência. A estrutura das assembleias foi avaliada por meio da frequência de ocorrência, captura por unidade de esforço e índices ecológicos de diversidade, incluindo riqueza de Margalef, equitabilidade de Pielou e índices de Hill, além da aplicação de análises multivariadas para identificar padrões espaciais e relações com o habitat. Na região Nordeste foram registradas 129 espécies de peixes demersais, com predominância de espécies raras e maior diversidade associada a ambientes com substratos recifais e mistos. Na região Norte foram identificadas 86 espécies, também com elevada proporção de espécies raras, porém com menor riqueza quando comparada à região Nordeste. Em ambas as regiões se observou alta variabilidade espacial da diversidade, sem padrões consistentes de correlação com profundidade e latitude, mas com influência significativa do tipo de substrato. Os resultados evidenciam a relevância ecológica das zonas costeiras e oceânicas das regiões Norte e Nordeste do Brasil como áreas de elevada biodiversidade, ressaltando a necessidade de estratégias de conservação e manejo sustentável para a manutenção dos ecossistemas marinhos e dos recursos pesqueiros

**Palavras-chave:** Ictiofauna demersal; Biodiversidade marinha; Costa Norte e Nordeste do Brasil; Ecologia de peixes; Conservação marinha.

## ABSTRACT

The continuous increase in the consumption of fishery resources has intensified pressure on marine ecosystems, highlighting the need for studies that support sustainable management and biodiversity conservation. In this context, this study aimed to analyze and compare the diversity, distribution, and abundance of demersal fish assemblages from the North and Northeast regions of Brazil, contributing to a better ecological understanding of these environments. Data were obtained from three large-scale oceanographic cruises, including one conducted in the North region (AMAZOMIX) and two in the Northeast region (ABRACOS 1 and 2). Sampling was performed using midwater trawl nets at different depths, along with the collection of environmental variables such as temperature, salinity, dissolved oxygen, and fluorescence. Community structure was assessed through frequency of occurrence, catch per unit effort, and ecological diversity indices, including Margalef richness, Pielou's evenness, and Hill numbers, in addition to multivariate analyses to identify spatial patterns and relationships with habitat characteristics. In the Northeast region, 129 demersal fish species were recorded, with a predominance of rare species and higher diversity associated with reef and mixed substrates. In the North region, 86 species were identified, also with a high proportion of rare species, but with lower overall richness compared to the Northeast. In both regions, high spatial variability in diversity was observed, with no consistent correlation with depth and latitude, while substrate type showed a significant influence on community structure. These findings demonstrate the ecological importance of the coastal and oceanic zones of the North and Northeast regions of Brazil as areas of high marine biodiversity, emphasizing the need for conservation strategies and sustainable management to ensure the preservation of marine ecosystems and fishery resources.

**Keywords:** Demersal fish; Marine biodiversity; North and Northeast coast of Brazil; Fish ecology; Marine conservation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudo e pontos de coleta. No mapa a esquerda, os pontos brancos representam a expedição ABRACOS 2 e os pontos pretos a expedição ABRACOS 1.....	13
Figura 2. Curva do coletor para as estações da região Norte.....	17
Figura 3. Curva do coletor para as estações da região Nordeste.....	18
Figura 4. Índice de Hill N1 e N2 em função da profundidade das estações de coleta da Região Norte do Brasil.....	19
Figura 5. Índice de Hill N1 e N2 em função da latitude das estações de coleta da Região Norte do Brasil.....	20
Figura 6. Índice de Hill N1 e N2 em função da profundidade das estações de coleta da Região Nordeste do Brasil.....	20
Figura 7. Índice de Hill N1 e N2 em função da latitude das estações de coleta da Região Nordeste do Brasil.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 8. Riqueza de Margalef em função da profundidade das estações de coleta da Região Norte do Brasil.....	22
Figura 9. Riqueza de Margalef em função da latitude das estações de coleta da Região Norte do Brasil.....	22
Figura 10. Riqueza de Margalef em função da latitude das estações de coleta da Região Nordeste do Brasil.....	23
Figura 11. Riqueza de Margalef em função da Profundidade das estações de coleta da Região Nordeste do Brasil.....	24
Figura 12. Riqueza de Margalef em função do tipo de sedimento das estações de coleta da Região Nordeste do Brasil.....	24
Figura 13. Equitabilidade de Pielou em função da Latitude e profundidade em que a amostra foi colhida na Região Nordeste do Brasil.....	25
Figura 14. Equitabilidade de Pielou em função do tipo de sedimento na região Nordeste do Brasil.....	26
Figura 15. Equitabilidade de Pielou em função da Latitude e profundidade em que a amostra foi colhida na Região Norte do Brasil.....	26
Figura 16. Dendrograma de Cluster que agrupa as estações baseadas na similaridade de sua abundância relativa para região Nordeste.....	28
Figura 17. Dendrograma de Cluster que agrupa as estações baseadas na similaridade de sua abundância relativa para região Norte.....	28
Figura 18. Análise multivariável MDS para região Norte.....	30
Figura 19. Análise multivariável MDS para região Nordeste.....	30

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Panorama do consumo de recursos pesqueiros e sustentabilidade .....	10
1.2 Biodiversidade marinha e desafios do conhecimento científico .....	10
1.3 Caracterização da costa brasileira e da ictiofauna demersal.....	11
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo geral .....	12
2.2 Objetivos específicos .....	12
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
3.1 Área de estudo e amostragem.....	12
3.2 Análises de dados .....	13
4 RESULTADOS .....	16
4.1 Composição e abundância da ictiofauna demersal.....	16
4.2 Índices de diversidade ecológica .....	17
4.3 Estrutura das assembleias e análises multivariadas.....	27
5 DISCUSSÃO.....	32
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	37
7 REFERÊNCIAS.....	37

## **1 INTRODUÇÃO**

### **1.1 Panorama do consumo de recursos pesqueiros e sustentabilidade**

Desde a década de 1960, o consumo global de alimentos de origem aquática tem apresentado crescimento contínuo, refletindo a crescente importância desses produtos para a segurança alimentar mundial. De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2024), o consumo aparente de alimentos aquáticos aumentou a uma taxa média anual de cerca de 3,0% desde 1961, superando o crescimento populacional no mesmo período. Como consequência, o consumo per capita global passou de aproximadamente 9,1 kg em 1961 para cerca de 20,7 kg em 2022. Esse aumento está associado à expansão da produção, à urbanização, às melhorias nos sistemas de distribuição e aos avanços tecnológicos na pesca e na aquicultura, além do reconhecimento do valor nutricional do pescado como fonte de proteínas de alta qualidade, ácidos graxos essenciais, vitaminas e minerais (FAO, 2024).

Nesse contexto, a produção mundial de alimentos aquáticos atingiu aproximadamente 223,2 milhões de toneladas em 2022, com a aquicultura superando, pela primeira vez, a pesca extrativa como principal fonte de organismos aquáticos destinados ao consumo humano (FAO, 2024). Apesar desse crescimento, a intensificação da exploração dos recursos aquáticos tem gerado preocupações quanto à sustentabilidade dos estoques pesqueiros. A sobrepesca, a degradação de habitats, a poluição e a gestão inadequada dos recursos naturais têm contribuído para o declínio de diversas populações de peixes (Xiang, 2024). Assim, o aumento da produção deve estar associado a práticas de manejo sustentável e monitoramento contínuo, visando conciliar a exploração econômica com a conservação dos ecossistemas aquáticos (Seafood Brasil, 2022).

### **1.2 Biodiversidade marinha e desafios do conhecimento científico**

Nas últimas décadas, a biodiversidade marinha tem sido alvo de crescente interesse científico, especialmente diante do aumento das pressões antrópicas sobre os ecossistemas aquáticos. Pesquisas voltadas à ecologia, à distribuição espacial das espécies, à estrutura dos habitats e à dinâmica das comunidades têm desempenhado papel fundamental na compreensão do funcionamento dos ecossistemas marinhos e na formulação de estratégias de conservação (Eduardo et al., 2018). O conhecimento

detalhado da composição das assembleias biológicas permite identificar áreas prioritárias para conservação, espécies vulneráveis e padrões ecológicos associados a variáveis ambientais.

Apesar dos avanços científicos, ainda existem lacunas significativas no conhecimento sobre a biodiversidade marinha, especialmente em regiões pouco amostradas ou de difícil acesso. A deficiência na manutenção de coleções científicas, aliada à fragmentação de bancos de dados e à escassez de programas contínuos de monitoramento, limita a construção de um panorama abrangente da diversidade biológica. Como consequência, grande parte das espécies marinhas permanece pouco conhecida ou subestimada, dificultando a avaliação de seu estado de conservação e a implementação de medidas eficazes de manejo (Joly et al., 2011). Essa realidade evidencia a necessidade de estudos integrados e de longa duração, capazes de gerar informações consistentes sobre a biodiversidade marinha brasileira.

### **1.3 Caracterização da costa brasileira e da ictiofauna demersal**

A costa brasileira apresenta uma das maiores extensões do mundo, com aproximadamente 7.367 km sem considerar as reentrâncias e cerca de 9.198 km quando estas são incluídas, abrangendo uma ampla diversidade de ambientes costeiros e oceânicos (Vitte, 2003; Joly et al., 2011). Predominantemente situada em regiões tropicais e subtropicais, a costa do Brasil é influenciada por diferentes fenômenos oceanográficos e climatológicos, como correntes marinhas, regimes de ventos, variações de temperatura e descargas fluviais, os quais desempenham papel fundamental na estruturação da biodiversidade marinha (Amaral & Jablonski, 2005).

Estima-se que o Brasil abrigue cerca de 1,8 milhão de espécies biológicas, correspondendo a aproximadamente 13,1% da biodiversidade global, embora apenas uma fração desse total seja conhecida cientificamente (Lewinsohn & Prado, 2005). No ambiente marinho, os peixes demersais desempenham papel ecológico essencial, uma vez que estão associados ao fundo marinho e apresentam forte relação com o tipo de substrato, a profundidade e as características físico-químicas do ambiente. Essas espécies contribuem para a ciclagem de nutrientes, a estruturação das comunidades bentônicas e a manutenção do equilíbrio ecológico dos ecossistemas. No entanto, o conhecimento sobre a ictiofauna demersal brasileira ainda é limitado, especialmente em áreas mais profundas e afastadas da costa, reforçando a importância de estudos que abordem sua diversidade, distribuição e abundância.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Analisar, descrever e comparar a diversidade, a distribuição espacial e a abundância da ictiofauna demersal das regiões Norte e Nordeste do Brasil.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar e comparar a biodiversidade das assembleias de peixes demersais nas regiões Norte e Nordeste, considerando métricas como riqueza de espécies, diversidade e equitabilidade.
- Identificar as espécies de peixes demersais mais abundantes e frequentes ao longo da área de estudo.
- Investigar os padrões de variação espacial das assembleias de peixes demersais e sua relação com variáveis ambientais (como profundidade e latitude) e com diferentes tipos de habitat, incluindo substratos arenosos, recifais e áreas com presença de algas.
- Estimar e analisar os principais índices ecológicos das assembleias, incluindo riqueza de espécies, índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ), equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) e dominância de Simpson ( $D$ ), e sua relação com os diferentes tipos de habitat.

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 Área de estudo e amostragem**

A área de estudo abrange parte significativa das águas oceânicas das regiões Norte e Nordeste do Brasil. Na região Norte, o estudo compreende o trecho entre o Oiapoque e Belém, incluindo áreas oceânicas e de plataforma continental. Na região Nordeste, a área de estudo inclui a região costeira dos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas, bem como as ilhas oceânicas do Atol das Rocas e de Fernando de Noronha, além dos montes submarinos da Cadeia de Fernando de Noronha.

Os dados analisados foram obtidos a partir de três cruzeiros oceanográficos de larga escala realizados a bordo do RV *Antea*. Na região Norte, os dados foram coletados durante a expedição AMAZOMIX (Amazon Shelf Mixing and its Impact on Ecosystems), realizada entre agosto e setembro de 2021, totalizando 47 estações de amostragem. Na região Nordeste, foram utilizados dados das expedições do Projeto ABRACOS (Acoustics along the Brazilian Coast), realizadas em dois períodos: ABRACOS 1, entre setembro e outubro de 2015, e ABRACOS 2, entre abril e maio de 2017, totalizando 82 estações de coleta. As amostragens biológicas foram realizadas por meio de redes de arrasto, em profundidades variando entre 20 e 1.200 m na região Norte e entre 20 e 1.113 m na região Nordeste. Em todas as estações foram coletados dados ambientais, incluindo temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e fluorescência, por meio de sensores oceanográficos do tipo CTD

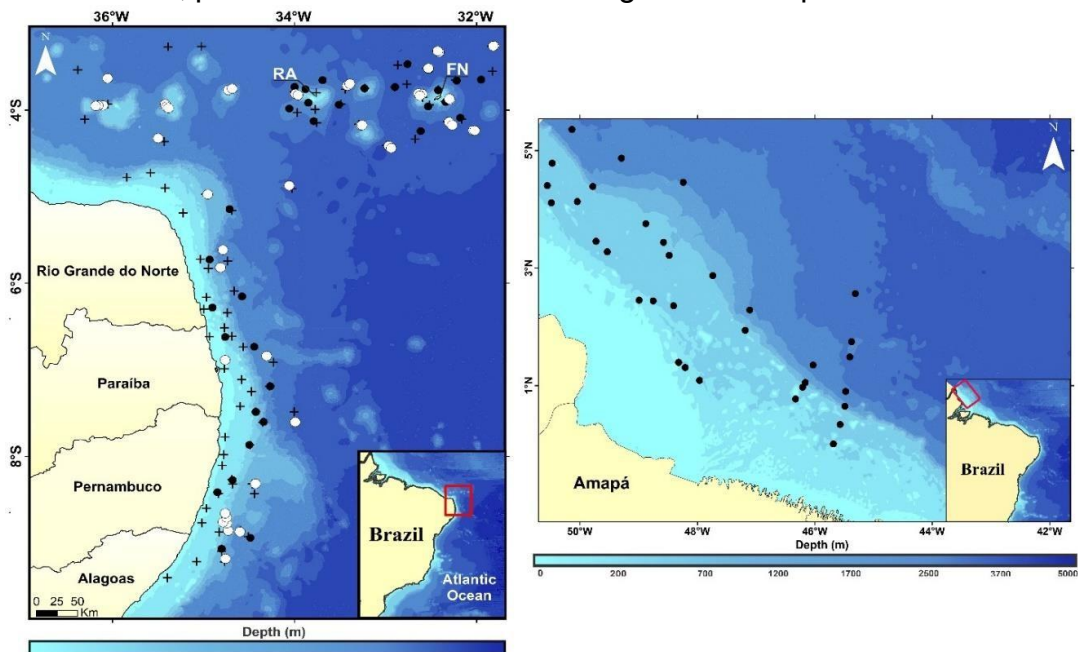


Figura 1. Área de estudo e pontos de coleta. No mapa a esquerda, os pontos brancos representam a expedição ABRACOS 2 e os pontos pretos a expedição ABRACOS 1.

### 3.2 Análises de dados

A análise da estrutura das assembleias de peixes demersais foi realizada com o objetivo de compreender os padrões de diversidade, abundância e distribuição espacial das espécies nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, bem como sua relação com diferentes tipos de habitats e variáveis ambientais. Inicialmente, para determinar a importância relativa das espécies identificadas em cada uma das regiões estudadas, será estabelecido o Índice de Importância Relativa (IIR; Garcia et al., 2006; Eduardo

et al., 2018), baseado na frequência de ocorrência (%FO; número de ocorrências de uma espécie dividido pelo número total de arrasto) e CPUE (captura por unidade de esforço) em cada área pré-estabelecida. As espécies que apresentam %FO > %FO médio serão consideradas peixes frequentes, enquanto aquelas com %FO < %FO médio serão consideradas raras. Além disso, os valores de CPUE serão utilizados para classificar as espécies em muito abundante (CPUE > CPUE média) ou escassas (CPUE < CPUE média). Finalmente, com base nesses critérios as espécies serão classificadas em quatro grupos de importância relativa: (1) muito abundantes e frequentes, (2) muito abundantes e raras, (3) escassas e frequentes, e (4) escassas e raras. As espécies serão consideradas dominantes quando classificadas na primeira, segunda e terceira categorias (Burns et al., 2006).

Para avaliar a biodiversidade das assembleias demersais, foram utilizados índices ecológicos que consideram diferentes aspectos da diversidade. A riqueza de Margalef foi empregada para estimar o número de espécies em relação ao total de indivíduos amostrados, permitindo comparar a riqueza entre estações e regiões. Esse índice é calculado pela expressão:

$$DMg = \frac{S - 1}{\ln(N)}$$

em que S representa o número total de espécies registradas e N corresponde ao número total de indivíduos amostrados.

A equitabilidade de Pielou foi utilizada para avaliar o grau de uniformidade na distribuição dos indivíduos entre as espécies, indicando se a comunidade é dominada por poucas espécies ou apresenta abundâncias mais equilibradas. Esse índice é obtido pela seguinte fórmula:

$$J' = \frac{H'}{\ln(S)}$$

onde H' corresponde ao índice de diversidade de Shannon-Wiener e S representa o número total de espécies.

Os números de Hill, representados por Hill N1 e Hill N2, foram aplicados por integrarem simultaneamente a riqueza e a equitabilidade, fornecendo medidas complementares da diversidade. O índice Hill N1 corresponde ao exponencial do índice de Shannon e é calculado como:

$$N1 = e^{H'}$$

enquanto o Hill N2 corresponde ao inverso do índice de Simpson:

$$N_2 = \frac{1}{\lambda}$$

em que  $\lambda$  representa o índice de dominância de Simpson. Esses índices expressam a diversidade em termos de número efetivo de espécies, permitindo interpretar de forma mais intuitiva a contribuição relativa das espécies comuns e dominantes nas comunidades.

A estrutura das assembleias e os padrões de similaridade entre as estações de amostragem foram analisados por meio de análises multivariadas. Inicialmente, os dados de abundância das espécies foram transformados em  $\log(x+1)$ , com o objetivo de reduzir a influência de espécies extremamente abundantes e minimizar possíveis distorções na estrutura de similaridade entre as amostras. Em seguida, foi realizada uma análise de cluster com base em matrizes de similaridade de Bray-Curtis, derivadas da abundância relativa das espécies, com o objetivo de agrupar estações que apresentassem composição e abundância de espécies semelhantes. Essa abordagem permite identificar possíveis formações de grupos ecológicos e padrões espaciais associados às assembleias demersais.

Em complemento, foi aplicado o escalonamento multidimensional não métrico (nMDS), técnica de ordenação que busca representar, em poucas dimensões (geralmente duas), as relações de similaridade entre as amostras, preservando o máximo possível as distâncias da matriz original de dissimilaridade. Essa técnica facilita a visualização de padrões ecológicos e gradientes ambientais que influenciam a estrutura das assembleias (CLARKE, 1993; CLARKE; GORLEY, 2015).

Para testar estatisticamente se as diferenças observadas entre os grupos identificados eram significativas, foi utilizada a Análise de Similaridade (ANOSIM), que foi realizado com 999 permutações, adotando-se nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ). Essa técnica permite avaliar se as assembleias associadas a diferentes tipos de substrato ou condições ambientais diferem entre si de forma consistente (CLARKE, 1993). Adicionalmente, a rotina SIMPER foi aplicada com o objetivo de identificar quais espécies contribuíram de maneira mais expressiva para a similaridade dentro dos grupos e para a dissimilaridade entre eles, auxiliando na interpretação biológica dos resultados multivariados (CLARKE; WARWICK, 2001).

Todas as análises estatísticas foram realizadas no ambiente R (R Core Team, 2024), utilizando o pacote *vegan*, amplamente empregado em estudos ecológicos por sua robustez e eficiência na análise de dados de comunidades biológicas, especialmente em análises multivariadas, índices de diversidade e ordenações ecológicas (OKSANEN et al., 2024).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Composição e abundância da ictiofauna demersal

Com base na expedição ABRACOS, realizada ao longo da costa do Nordeste do Brasil, foram coletados 4.035 indivíduos, distribuídos em 129 espécies. Destas, 42 espécies foram classificadas como frequentes, correspondendo a 32,56% do total, enquanto 87 espécies foram consideradas raras, representando 67,44% das espécies registradas.

Em relação à CPUE (Captura por Unidade de Esforço), 105 espécies foram classificadas como escassas, correspondendo a 81,4% do total, enquanto 24 espécies foram consideradas muito abundantes, representando 18,6% das espécies registradas.

A classificação combinada entre frequência de ocorrência e abundância permitiu agrupar as espécies em quatro categorias ecológicas. A maior proporção foi registrada no grupo (4) — espécies escassas e raras, representando 57,36% do total. Em seguida, 24,03% das espécies foram classificadas como escassas e frequentes (grupo 3), 10,08% como muito abundantes e raras (grupo 2) e 8,53% como muito abundantes e frequentes (grupo 1). Dessa forma, 42,64% das espécies foram consideradas dominantes na assembleia analisada.

Já na expedição AMAZOMIX que ocorreu na região Norte do Brasil foram encontradas 86 espécies que ao todo continham 636 indivíduos, dessas espécies 44,2% são consideradas frequentes e 55,8% são consideradas raras. Quanto a captura por unidade de esforço, 68,6% das espécies totais são consideradas escassas e 31,4% são consideradas frequentes. Dentre as 86 espécies, 39,53% estão localizadas no grupo (4) escassas e raras, 29,07% estão distribuídas no grupo (3) escassas e frequentes, 16,28% se encontram no grupo (2) muito abundantes e raras e 15,12% estão no grupo (1) muito abundantes e frequentes, portanto, 60,47% das espécies são consideradas dominantes.

## 4.2 Índices de diversidade ecológica

### 4.2.1 Curva do coletor

Nas duas expedições, a curva do coletor (Figuras 2 e 3) indicou que, em várias estações, a riqueza de espécies ainda não atingiu um platô, sugerindo que o esforço amostral realizado não foi suficiente para registrar toda a diversidade potencial presente nas áreas amostradas. Observa-se também uma diferença marcante no número de indivíduos coletados entre as estações, com algumas apresentando mais de 1.000 indivíduos amostrados, enquanto outras registraram menos de 50 indivíduos.

Na região Norte, muitas curvas apresentaram extensão reduzida e ausência de tendência clara de estabilização, refletindo o baixo número de indivíduos coletados em diversas estações. Já na região Nordeste, as curvas foram, em geral, mais longas, devido ao maior número de indivíduos capturados, embora nem todas tenham atingido saturação. Esse resultado indica que, mesmo com maior esforço de captura e maior número de indivíduos registrados no Nordeste, a diversidade local possivelmente ainda não foi totalmente amostrada.

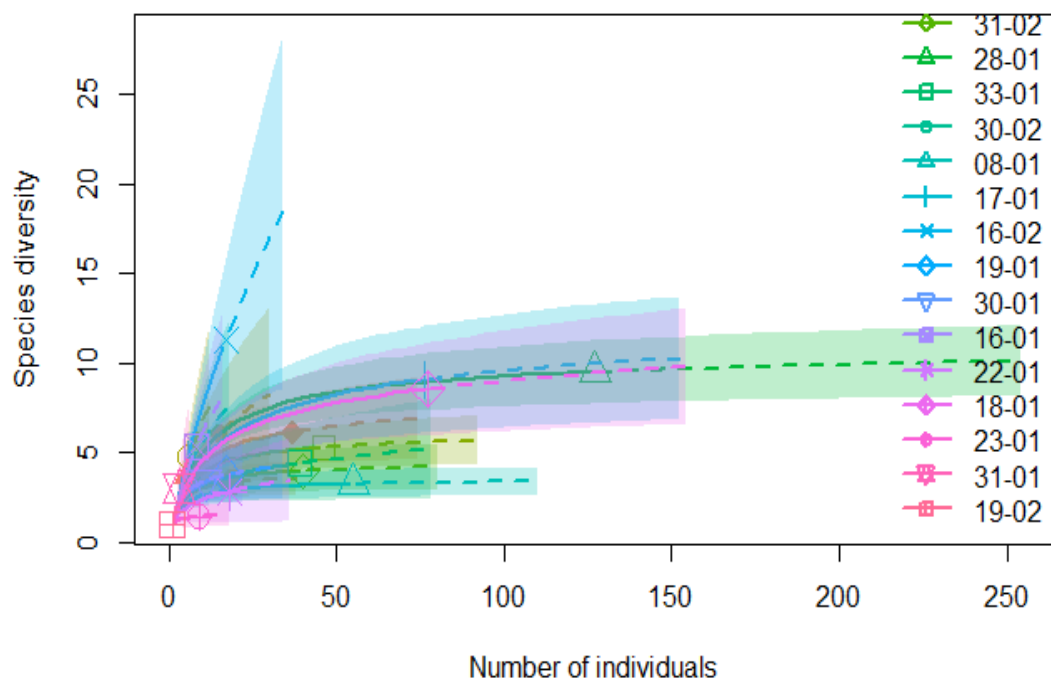


Figura 2. Curva do coletor para as estações da região Norte

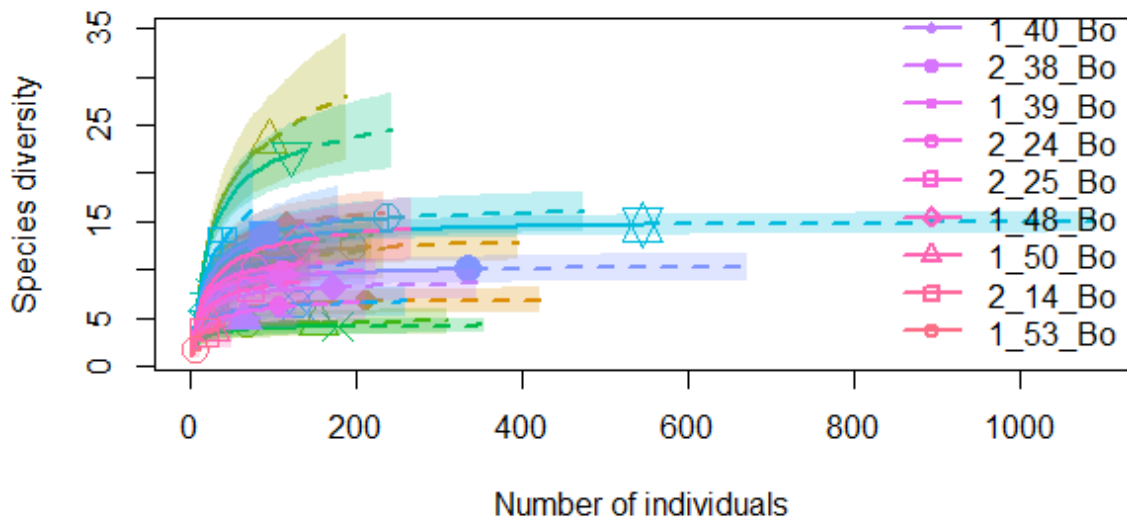


Figura 3. Curva do coletor para as estações da região Nordeste

#### 4.2.2 Hill 1 e 2

Os índices de diversidade de Hill (N1 e N2) apresentaram ampla variação em ambas as regiões analisadas, Nordeste e Norte, evidenciando um elevado grau de heterogeneidade espacial entre as estações de amostragem. Para o índice Hill N1, a região Nordeste apresentou valores variando entre 1,5691 e 23,2890. De forma semelhante, na região Norte, os valores oscilaram entre 1 e 11,3076. Esses resultados indicam a coexistência de estações com baixa diversidade específica e equitabilidade reduzida, contrastando com áreas que apresentam elevada diversidade e distribuição mais uniforme das espécies em ambas as regiões.

O mesmo padrão foi observado para o índice Hill N2, que atribui maior peso às espécies dominantes. No Nordeste, os valores variaram de 1,3846 a 18,6413, enquanto, no Norte, os índices oscilaram entre 1 e 9,3225. A concordância entre os resultados de N1 e N2 reforça a presença de fortes contrastes espaciais na estrutura das comunidades, tanto no Nordeste quanto no Norte, com estações caracterizadas por baixa diversidade e outras por elevada equitabilidade.

Buscando avaliar a influência de fatores ambientais sobre a diversidade observada, os índices de Hill N1 e N2 foram relacionados às variáveis profundidade e latitude nas duas regiões estudadas. No entanto, conforme demonstrado pelos gráficos correspondentes (Figura 4, Figura 5, Figura 6 e **Erro! Fonte de referência não encontrada.**), observou-se elevada dispersão dos pontos amostrais, sem a formação de padrões consistentes ou tendências claras. No entanto, observou-se uma

tendência de correlação fraca entre o índice de Hill N1 e a latitude, especialmente em parte das estações analisadas, embora essa relação não tenha se mostrado robusta.

A ausência de padrões mais claros pode estar associada, em parte, ao baixo número amostral em alguns estratos ambientais, o que reduz o poder estatístico das

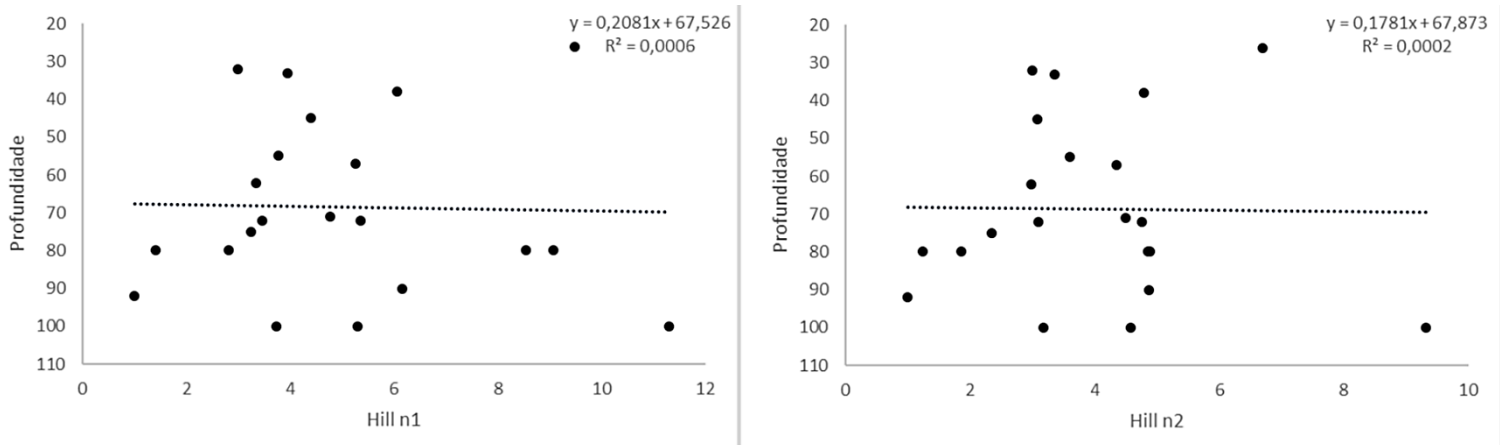


Figura 4. Índice de Hill N1 e N2 em função da profundidade das estações de coleta da Região Norte do Brasil

análises e pode dificultar a detecção de relações ecológicas mais sutis. Além disso, fatores como variabilidade associada à arte de pesca, heterogeneidade de habitats entre as áreas amostradas e a própria faixa de profundidade considerada podem influenciar a estrutura das assembleias e contribuir para mascarar possíveis relações com variáveis ambientais amplas. Dessa forma, a ausência de correlações significativas não implica necessariamente a inexistência de processos ecológicos relacionados à profundidade ou à latitude, mas pode refletir a atuação de múltiplos fatores ambientais de forma simultânea.

Além disso, as diferenças observadas nos valores de diversidade entre as regiões podem ter sido influenciadas por variações no esforço amostral, uma vez que o número de estações e de indivíduos registrados no Nordeste foi superior ao observado na região Norte. Diferenças dessa natureza podem afetar diretamente as estimativas de diversidade, dificultando comparações diretas entre regiões com tamanhos amostrais distintos. Assim, abordagens baseadas em padronização do esforço amostral, como técnicas de rarefação ou extrapolação de riqueza, poderiam contribuir para uma comparação mais robusta entre as regiões.

Dessa forma, a ausência de padrões mais claros pode estar associada, em parte, tanto ao baixo número amostral em alguns estratos ambientais quanto às diferenças no esforço de amostragem entre as regiões, fatores que reduzem o poder estatístico das análises e podem mascarar relações ecológicas sutis. Assim, os

resultados indicam que, nas escalas espaciais consideradas, a diversidade das comunidades demersais não apresentou uma relação direta e consistente com a profundidade ou a latitude, embora efeitos latitudinais de baixa magnitude não possa ser completamente descartados.

Entretanto, a comparação direta entre as regiões deve ser interpretada com cautela, uma vez que diferenças no esforço amostral, como o número de estações e de indivíduos registrados, podem influenciar as estimativas de riqueza. Assim, parte das diferenças observadas entre Norte e Nordeste pode estar associada às limitações inerentes às campanhas oceanográficas e à distribuição espacial das estações de amostragem. Nesse contexto, abordagens de padronização do esforço amostral, como métodos de rarefação ou extrapolação de riqueza, poderiam fornecer estimativas mais comparáveis entre as regiões.

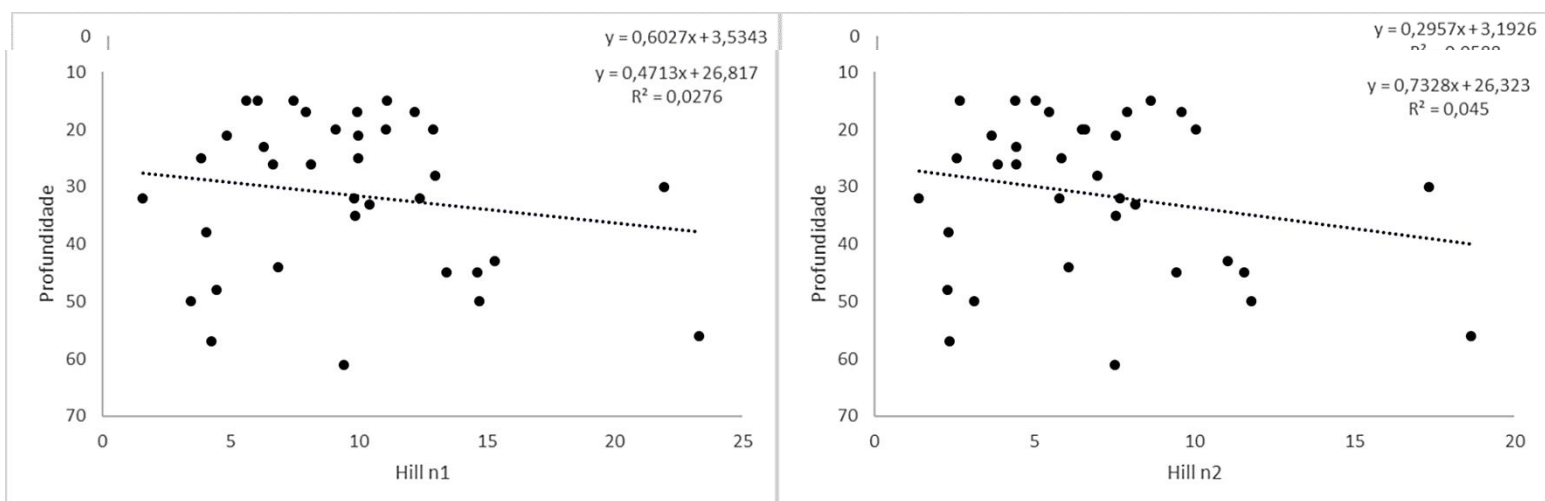
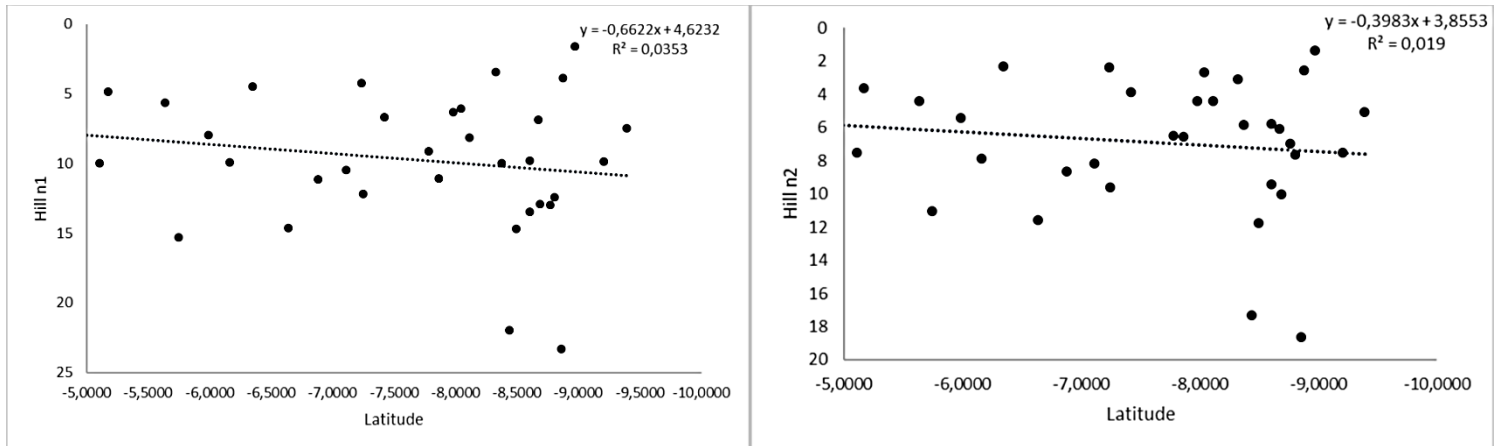


Figura 6. Índice de Hill N1 e N2 em função da profundidade das estações de coleta da Região Nordeste do Brasil



#### 4.2.3 Riqueza de Margalef

. A riqueza de Margalef observada na região Norte foi inferior à registrada na região Nordeste. Durante a expedição ABRACOS, o maior valor do índice de riqueza foi de 6,82, enquanto, na região Norte, os valores de riqueza variaram entre 0 e 4,387.

Em uma das estações amostradas na Região Norte, a riqueza resultou em valor zero, uma vez que foi registrada a captura de apenas uma única espécie. Esse resultado evidencia a elevada heterogeneidade entre os pontos de coleta, caracterizada pela coexistência de estações com alta riqueza específica e outras com ocorrência extremamente reduzida de espécies.

Adicionalmente, foi avaliada a possível influência da profundidade, do tipo de sedimento e da latitude sobre a riqueza do ambiente. No entanto, os testes realizados não indicaram evidências de correlação significativa entre a riqueza específica e a latitude e profundidade nas duas regiões (Figura 7, Figura 8, Figura 10 e Figura 11). Na região Nordeste, os ambientes associados à presença de corais vivos apresentaram maior riqueza de espécies e menor variabilidade entre as estações, indicando uma assembleia mais consistente e estruturalmente estável. Em contraste, os ambientes caracterizados por areia associada a corais e algas (SWCR) também exibiram valores elevados de riqueza, porém com alta variabilidade entre os pontos amostrados, sugerindo maior heterogeneidade espacial e variação local na composição das assembleias. Já as estações cujo substrato era composto exclusivamente por areia apresentaram, de modo geral, menores valores de riqueza e diversidade, reforçando a influência da complexidade estrutural do habitat sobre a organização das comunidades demersais.

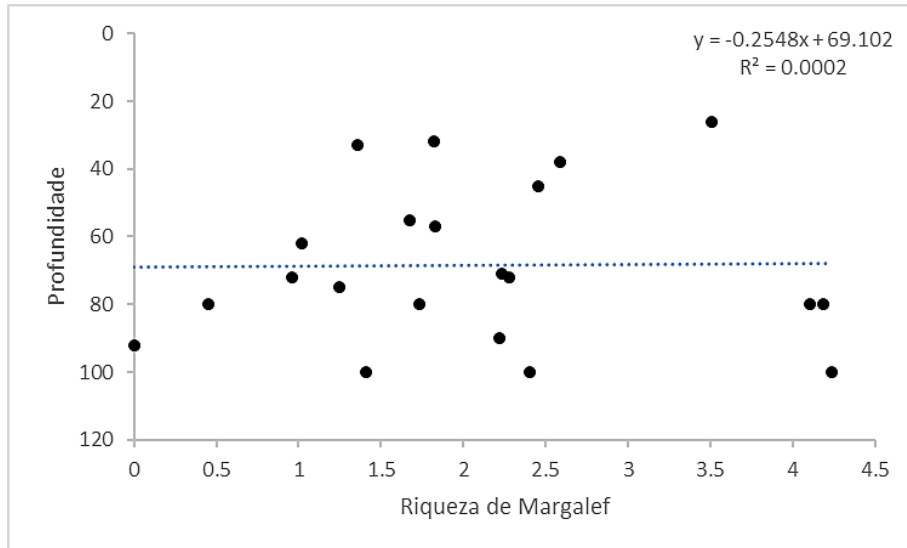


Figura 7. Riqueza de Margalef em função da profundidade das estações de coleta da Região Norte do Brasil

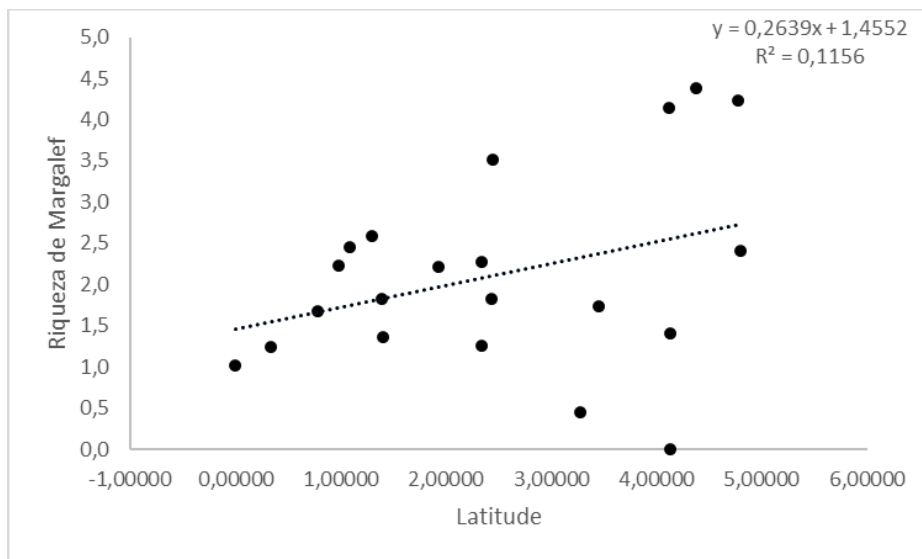
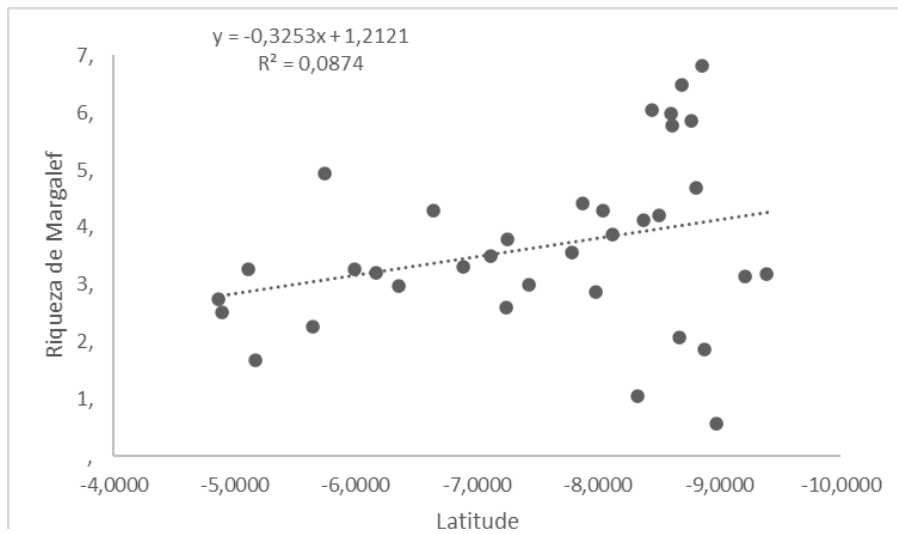


Figura 8. Riqueza de Margalef em função da latitude das estações de coleta da Região Norte do Brasil



*Figura 9. Riqueza de Margalef em função da latitude das estações de coleta da Região Nordeste do Brasil*

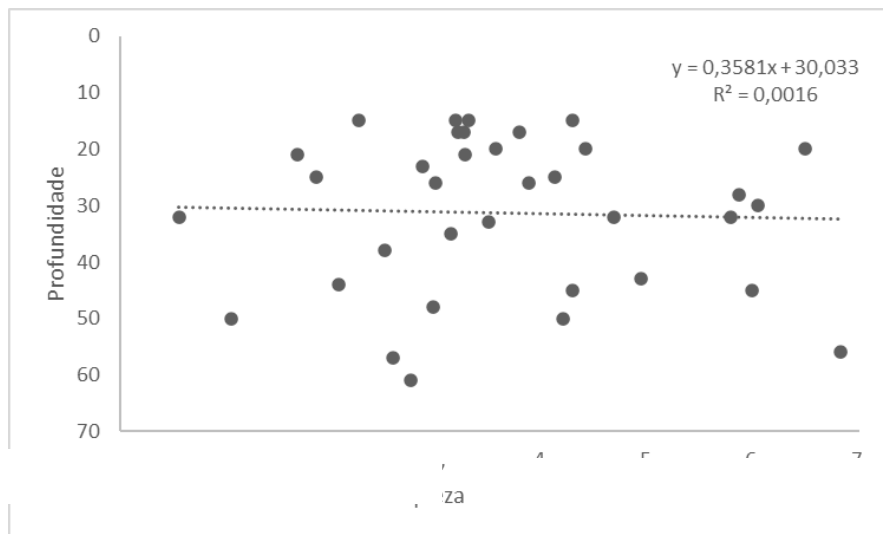


Figura 10. Riqueza de Margalef em função da Profundidade das estações de coleta da Região Nordeste do Brasil

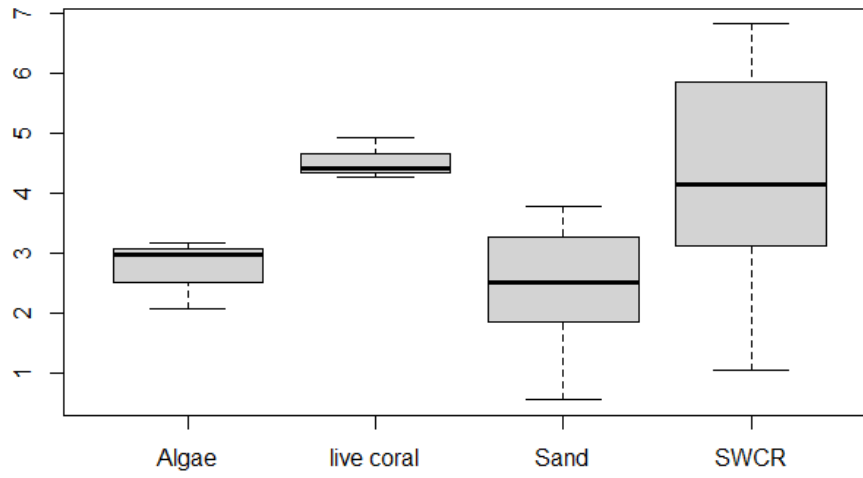


Figura 11. Riqueza de Margalef em função do tipo de sedimento das estações de coleta da Região Nordeste do Brasil

#### 4.2.4 Equitabilidade de Pielou

De acordo com o índice de equitabilidade de Pielou, ambas as regiões analisadas apresentaram ampla variação na uniformidade da distribuição das espécies entre as estações de amostragem. Na região Nordeste, os valores de equitabilidade variaram de 0,5304 a 0,9255 (Figura 13), indicando, de modo geral, uma equitabilidade de média a alta entre os pontos de coleta. Esses resultados sugerem que, na maioria das estações nordestinas, as espécies tendem a apresentar uma distribuição relativamente equilibrada em termos de abundância.

Na região Norte, por sua vez, os valores do índice de Pielou oscilaram (Figura 14) entre 0 e 1, refletindo uma maior amplitude na equitabilidade das comunidades amostradas. O valor máximo (1) indica uma estação com distribuição completamente homogênea das espécies, nas quais todas ocorreram com o mesmo número de indivíduos. Em contraste, o valor mínimo (0) foi registrado em uma estação onde ocorreu apenas uma única espécie, impossibilitando o cálculo efetivo da equitabilidade, uma vez que não há distribuição entre múltiplas espécies.

Com o objetivo de investigar possíveis influências ambientais sobre a equitabilidade observada, o índice de Pielou foi relacionado, em ambas as regiões, às variáveis latitude e profundidade. Adicionalmente, para a região Nordeste, também foi considerada a influência do tipo de substrato do solo. Conforme evidenciado pelos gráficos de dispersão (Figura 13), observou-se elevada dispersão dos pontos amostrais, sem a definição de padrões claros ou tendências consistentes. Esses resultados indicam que, nas escalas analisadas, a equitabilidade das comunidades não apresentou relação direta com a latitude ou a profundidade ou o tipo de substrato, tanto na região Nordeste quanto na região Norte.

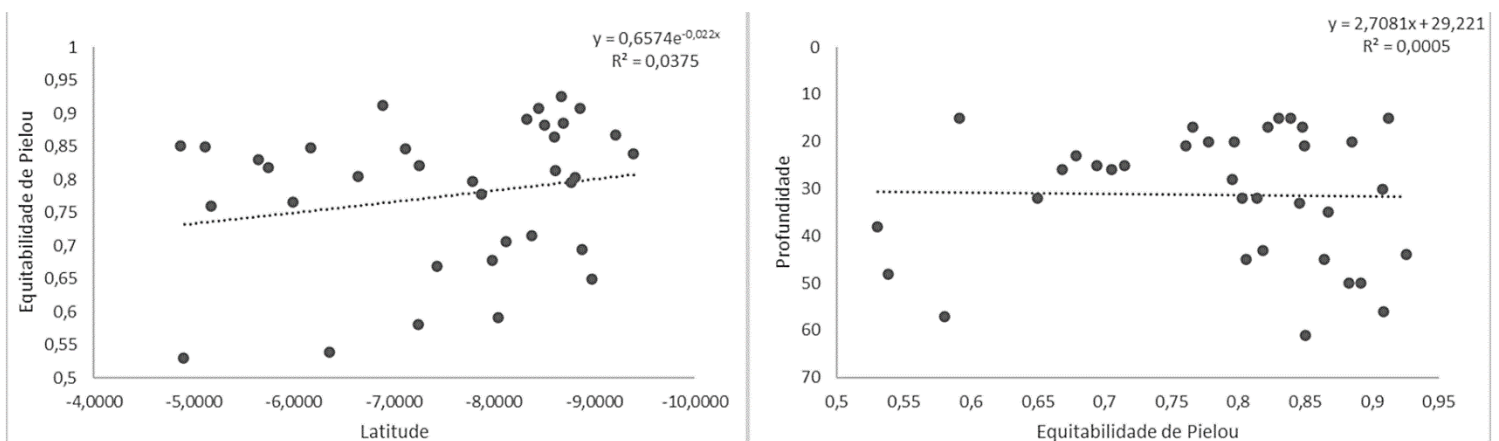


Figura 12. Equitabilidade de Pielou em função da Latitude e profundidade em que a amostra foi colhida na Região Nordeste do Brasil

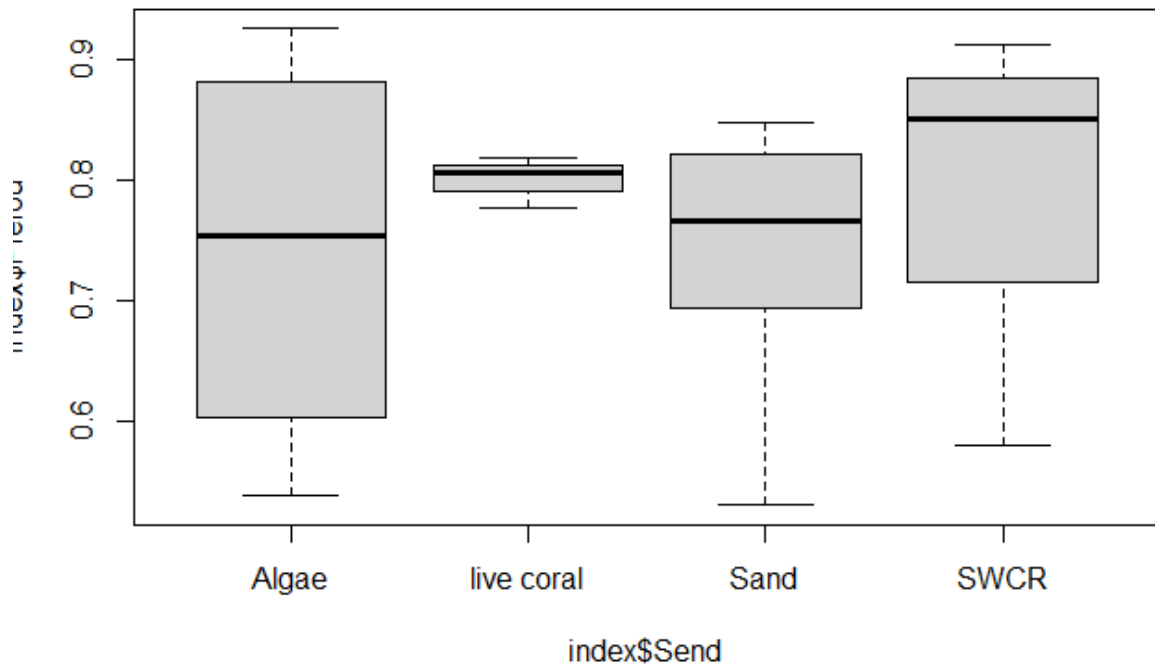


Figura 13. Equitabilidade de Pielou em função do tipo de sedimento na região Nordeste do Brasil

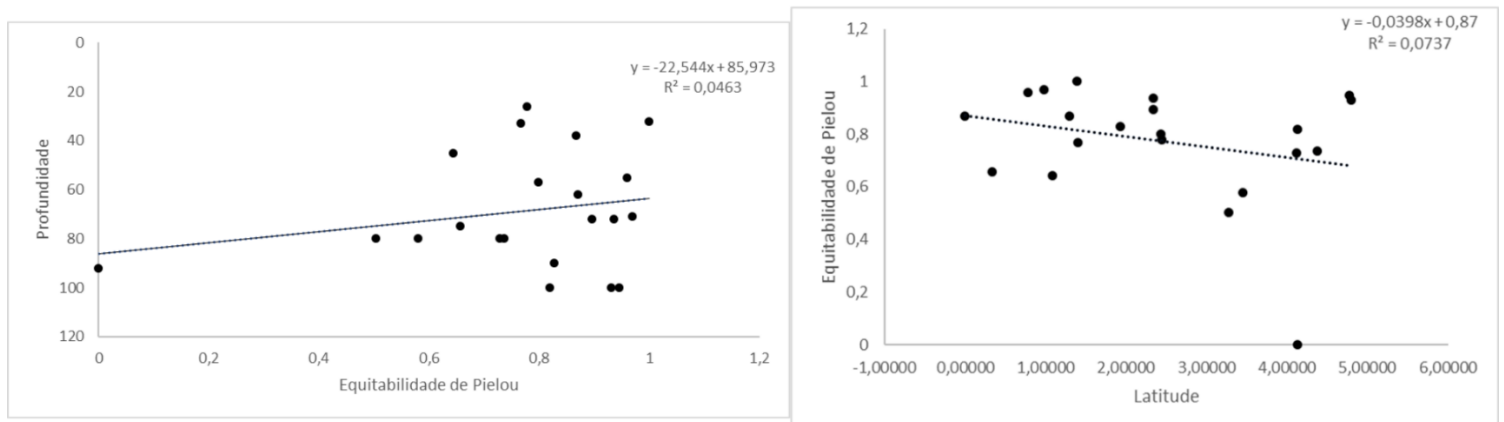


Figura 14. Equitabilidade de Pielou em função da Latitude e profundidade em que a amostra foi colhida na Região Norte do Brasil

### **4.3 Estrutura das assembleias e análises multivariadas**

#### **4.3.1 Dendrograma de Cluster**

Os dendrogramas de agrupamento hierárquico, construídos a partir da matriz de similaridade de Bray-Curtis com base na abundância relativa das espécies, evidenciaram padrões distintos de organização das comunidades nas regiões Nordeste e Norte. Em ambas as regiões, estações que se agruparam em níveis mais baixos de dissimilaridade apresentaram maior similaridade na composição e estrutura das comunidades, enquanto aquelas que se uniram apenas em níveis mais elevados indicaram maior heterogeneidade faunística.

Na região Nordeste, observou-se a formação de subgrupos bem definidos (Figura 15), com diversas estações se agrupando em baixos níveis de altura no dendrograma, indicando elevada similaridade na abundância relativa das espécies. Algumas estações, no entanto, apresentaram maior dissimilaridade em relação às demais, sendo incorporadas aos grupos apenas em níveis mais elevados, o que sugere uma composição faunística distinta. Esse padrão indica heterogeneidade espacial, porém com a presença de núcleos de similaridade entre determinados pontos amostrais.

Em contraste, na região Norte, o dendrograma (Figura 16) revelou agrupamentos formados predominantemente em níveis mais elevados de dissimilaridade, indicando maior variabilidade na estrutura das comunidades entre as estações. Embora alguns subgrupos tenham sido identificados, a organização geral sugere comunidades mais heterogêneas, com diferenças marcantes na abundância relativa das espécies ao longo da área estudada.

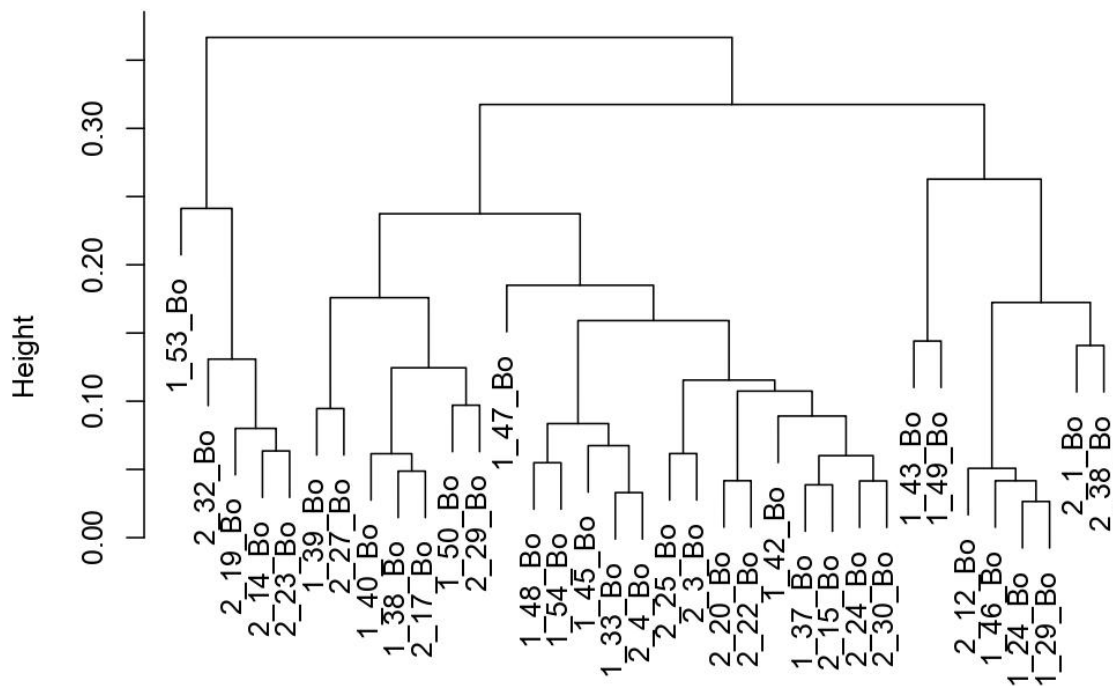


Figura 15. Dendrograma de Cluster que agrupa as estações baseadas na similaridade de sua abundância relativa para região Nordeste

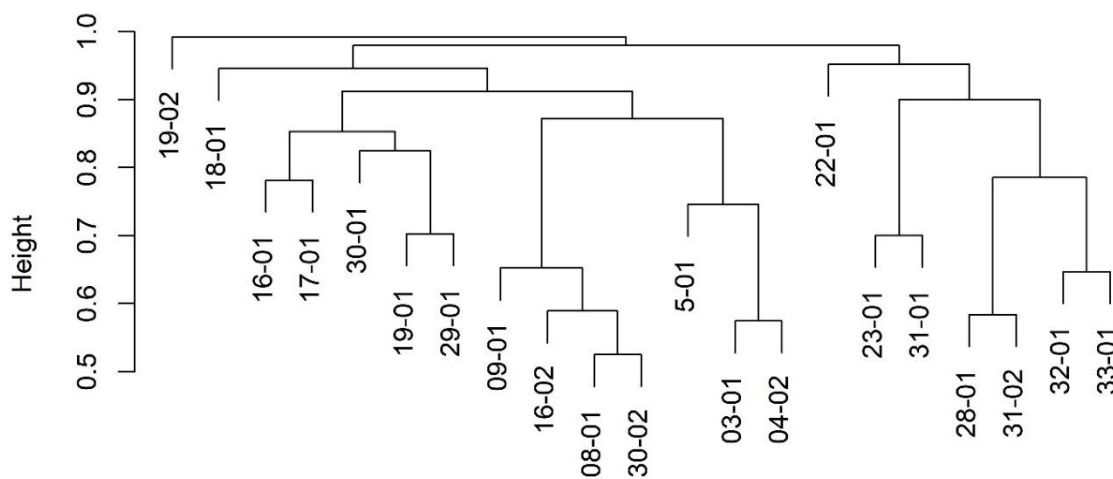


Figura 16. Dendrograma de Cluster que agrupa as estações baseadas na similaridade de sua abundância relativa para região Norte

### 4.3.2 Análise multivariável MDS

A ordenação das estações por meio do escalonamento multidimensional não métrico (nMDS), baseada na matriz de similaridade de Bray-Curtis, permitiu visualizar padrões de organização das comunidades nas regiões Norte e Nordeste, refletindo variações na composição e abundância das espécies entre os pontos amostrados. Em

ambas as regiões, estações posicionadas mais próximas no espaço bidimensional tenderam a apresentar maior similaridade na estrutura das comunidades, enquanto aquelas mais distantes indicaram maior dissimilaridade faunística.

Na região Norte, observou-se uma dispersão moderada das estações (Figura 18), com separação gradual ao longo dos eixos NMDS1 e NMDS2. Algumas estações apresentaram associação com espécies como *Lutjanus vivanus*, *Pomadasys arcuatus*, *Chaetodipterus ocellatus* e *Doryteuthis plei*, enquanto outras estiveram relacionadas a espécies como *Selene brownii*, *Chloroscombrus chrysurus* e *Sphyræna guachancho*, indicando diferenças na composição das assembleias. A projeção dos vetores ambientais de profundidade e latitude sugere a presença de gradientes ambientais associados à distribuição das estações, embora sem a formação de agrupamentos claramente definidos.

Na região Nordeste, o nMDS evidenciou (Figura 19) maior dispersão das estações, especialmente ao longo do eixo NMDS1, sugerindo elevada heterogeneidade na composição das comunidades. Observou-se que algumas estações tenderam a se posicionar próximas a diferentes tipos de substrato, como areia, coral vivo, algas e ambientes recifais (SWCR), indicando uma possível influência do habitat na estrutura das assembleias. Espécies associadas a ambientes arenosos e recifais apresentaram maior contribuição para a ordenação, reforçando a importância da heterogeneidade do substrato.

A projeção dos vetores ambientais no nMDS da região Nordeste indicou que a latitude e a salinidade estiveram associadas aos gradientes observados no espaço de ordenação. No entanto, por se tratar de uma técnica essencialmente exploratória e de caráter visual, esses padrões devem ser interpretados com cautela, servindo principalmente como indicadores de possíveis relações ecológicas, que podem ser mais bem avaliadas por meio de análises estatísticas complementares.

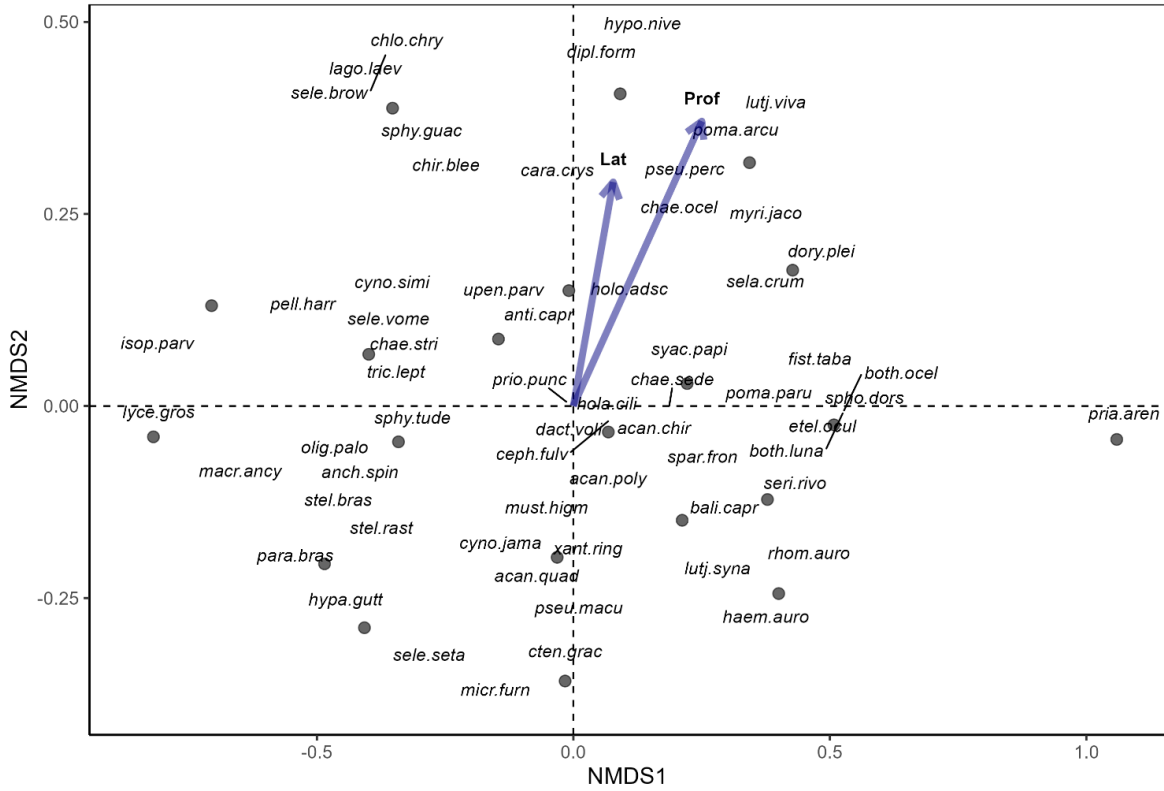


Figura 17. Análise multivariável MDS para região Norte

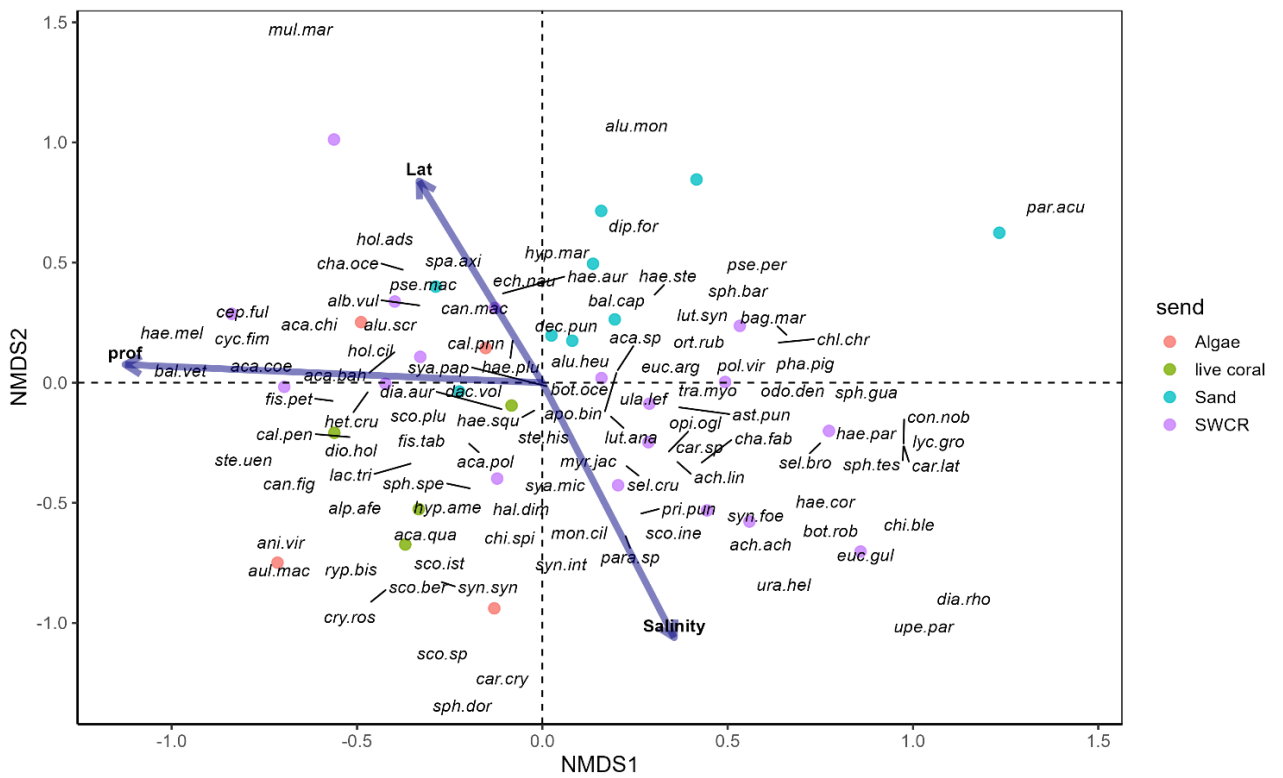


Figura 18. Análise multivariável MDS para região Nordeste

#### 4.3.3 Análise multivariável de similaridade (ANOSIM) e SIMPER

Na região Nordeste, com o objetivo de confirmar os padrões de similaridade observados nas análises de ordenação e agrupamento, foi realizada uma análise multivariada de similaridade (ANOSIM). Esse teste estatístico avalia a existência de diferenças significativas entre dois ou mais grupos com base em medidas de similaridade ou dissimilaridade, neste caso utilizando a matriz de Bray-Curtis. As estações foram previamente agrupadas de acordo com o tipo de substrato em que estavam inseridas, permitindo testar a hipótese de que a composição e a abundância das espécies diferem entre ambientes com distintos tipos de sedimento.

A hipótese nula do teste considerou a inexistência de diferenças significativas entre os grupos de substrato, enquanto a hipótese alternativa assumiu a presença de diferenças entre esses grupos. O resultado do ANOSIM indicou um valor de  $R = 0,216$  e  $p = 0,02$ , sugerindo que as amostras pertencentes a um mesmo grupo de substrato apresentaram, em média, maior similaridade entre si do que em relação às amostras de outros grupos. Embora o valor de  $p$  indique significância estatística, o baixo valor de  $R$  aponta para uma separação relativamente fraca entre os grupos, indicando que as diferenças na composição das comunidades associadas aos distintos tipos de substrato existem, mas são de baixa magnitude na região Nordeste. Para identificar quais espécies contribuíram de forma mais expressiva para a dissimilaridade observada entre os grupos, foi aplicada a análise SIMPER (Similarity Percentage). Essa análise permitiu quantificar a contribuição individual das espécies para as diferenças entre os grupos de substrato. Foram comparados os grupos associados a substratos compostos por areia misturada com corais e rochas, substrato arenoso, substrato com presença de algas e substrato constituído por corais vivos.

Em comparação com o grupo associado ao substrato arenoso, as espécies que mais contribuíram para a dissimilaridade foram *Haemulon aurolineatum*, *Holocentrus adscensionis*, *Pseudupeneus maculatus* e *Chloroscombrus chrysurus*. Para o grupo associado a substratos com algas, observou-se um padrão semelhante, com a contribuição predominante das mesmas espécies, à exceção de *Chloroscombrus chrysurus*. Já no grupo relacionado a substratos com corais vivos, a dissimilaridade foi principalmente influenciada pelas espécies *Bothus ocellatus*, *Haemulon squamipinna* e *Acanthurus polygonius*.

Para a região Norte, a aplicação das análises de ANOSIM e SIMPER não foram realizadas visto que não havia dados suficientes para realizar a amostra. Ademais, a

menor heterogeneidade de habitats e a maior dispersão dos pontos observadas na região Norte indicaram a ausência de grupos bem definidos, o que limita a interpretação estatística de comparações entre categorias ambientais específicas.

## 5 DISCUSSÃO

A compreensão da diversidade biológica e dos padrões espaciais de distribuição das espécies é fundamental para a ecologia contemporânea, uma vez que tais padrões refletem processos ecológicos subjacentes, incluindo heterogeneidade ambiental, disponibilidade de recursos, interações interespecíficas e gradientes ecológicos, que moldam a organização das comunidades naturais (Riera et al., 2025; González-Barrios et al., 2025). Estudos recentes têm mostrado que a variação espacial na composição de espécies em ecossistemas marinhos e costeiros está fortemente associada à complexidade dos habitats e às características ambientais locais, o que influencia tanto a manutenção da biodiversidade quanto a estabilidade dos serviços ecossistêmicos (Riera et al., 2025).

Além disso, a investigação de padrões espaciais de diversidade é crucial para a conservação marinha, pois áreas com altos valores de diversidade e padrões específicos de organização de comunidades são frequentemente identificadas como prioritárias para estratégias de proteção e manejo sustentável (González-Barrios et al., 2025; National Science Review, 2023). Com a crescente pressão antrópica e as mudanças ambientais globais, entender como comunidades se estruturam e respondem a fatores ambientais em diferentes escalas espaciais torna-se cada vez mais relevante para embasar políticas de conservação e uso sustentável dos recursos naturais.

Os resultados obtidos ao longo deste estudo evidenciam uma elevada heterogeneidade espacial na estrutura das comunidades analisadas, tanto na região Nordeste quanto na região Norte, refletida nos índices de diversidade, equitabilidade, análises multivariadas de ordenação, agrupamento e testes estatísticos de similaridade. De forma geral, observa-se que a organização das comunidades é resultado da interação entre composição específica, abundância relativa das espécies e características ambientais locais, cuja influência varia entre as regiões estudadas.

Os índices de diversidade de Hill (N1 e N2) demonstraram ampla variação entre as estações em ambas as regiões, indicando a coexistência de áreas com baixa

diversidade e outras com elevada diversidade e equitabilidade. Valores elevados de Hill N1 refletem comunidades com maior número efetivo de espécies comuns, enquanto o Hill N2 enfatiza o papel das espécies dominantes (Hill, 1973; Jost, 2006). A concordância entre os padrões observados para N1 e N2 sugere que as diferenças entre as estações não se restringem apenas à riqueza específica, mas também à distribuição da abundância entre as espécies.

Na região Nordeste, os maiores valores de diversidade e equitabilidade indicam comunidades mais estruturalmente complexas, com menor dominância de poucas espécies. Em contraste, estações com valores reduzidos de Hill e equitabilidade, como aquelas onde ocorreu apenas uma espécie, refletem comunidades simplificadas, frequentemente associadas a ambientes mais homogêneos ou a condições ambientais restritivas. Esse padrão é consistente com a teoria ecológica de que ambientes estruturalmente complexos tendem a sustentar maior diversidade biológica (MacArthur & MacArthur, 1961; Tews et al., 2004).

A equitabilidade de Pielou reforça os padrões observados nos índices de diversidade e riqueza entre as regiões analisadas. Na região Nordeste, a predominância de valores médios a altos de equitabilidade, associada a maior riqueza específica, sugere comunidades mais equilibradas em termos de distribuição de abundância, o que pode estar relacionado à maior complexidade estrutural do habitat (presença de corais vivos, algas e recifes) que tende a aumentar nichos ecológicos e reduzir a dominância de poucas espécies (RIERA; GONZÁLEZ-BARRIOS, 2025; ALRIYAMI; MONTOYA, 2024). Em ambientes estruturalmente complexos, como recifes e formações coralígenas, a diversidade e a equitabilidade frequentemente são maiores porque diferentes micros habitats promovem coexistência de espécies com diferentes requisitos ecológicos (RIERA; GONZÁLEZ-BARRIOS, 2025).

Por outro lado, na região Norte, a variação extrema na equitabilidade, com estações apresentando valores próximos de 1 (indicando poucos táxons com abundâncias semelhantes) e outras com valor nulo devido à ocorrência de apenas uma espécie, sugere comunidades mais simplificadas. Esse padrão pode estar associado a filtros ambientais fortes, como a influência da enorme pluma do rio Amazonas, caracterizada por baixa salinidade, elevada turbidez e alteração das condições físico-químicas da água, que pode limitar o estabelecimento de um número maior de espécies e favorecer aquelas melhor adaptadas a essas condições específicas (estudos recentes mostram que a pluma molda significativamente

assembleias marinhas ao longo de gradientes ambientais) (TOSETTO et al., 2023; ALRIYAMI; MONTOYA, 2024).

Assim, a distribuição observada de equitabilidade entre as regiões reflete, de maneira integrada, a interação entre complexidade de habitat, fatores ambientais regionais e pressões ambientais específicas, ainda que o padrão específico em cada local deva ser interpretado com cautela, dada a variabilidade amostral e as limitações de escala espacial.

As análises que relacionaram a diversidade e a equitabilidade das assembleias demersais às variáveis ambientais de profundidade e latitude não evidenciaram correlações fortes ou padrões lineares consistentes em nenhuma das regiões estudadas. No entanto, a ausência de relações estatisticamente claras não indica a inexistência de processos ecológicos atuantes, mas pode refletir limitações associadas à escala espacial analisada, ao número amostral e à elevada heterogeneidade ambiental dos sistemas marinhos.

Estudos recentes demonstram que a estrutura das comunidades bentônicas e demersais é frequentemente moldada por múltiplos fatores atuando de forma simultânea e interativa, como a composição e a complexidade do substrato, a heterogeneidade do habitat e as interações biológicas, dificultando a detecção de relações simples como variáveis ambientais amplas consideradas isoladamente (PÉREZ-PERIS et al., 2023; VAN DER HEIJDEN et al., 2023). Além disso, ambientes marinhos podem apresentar grande variabilidade no tipo de fundo, incluindo recifes, algas, areia ou lama, mesmo dentro de uma mesma faixa de profundidade ou latitude, o que rompe gradientes ambientais lineares e pode mascarar padrões espaciais mais amplos.

Dessa forma, é plausível que a influência da profundidade ou da latitude sobre a diversidade se manifeste de maneira indireta ou em interação com outras variáveis ambientais não testadas neste estudo, como o tipo de substrato ou a complexidade estrutural do habitat. Trabalhos recentes reforçam que abordagens integrativas e multivariadas, aliadas a um maior esforço amostral, são fundamentais para compreender os processos ecológicos que estruturam a biodiversidade marinha em paisagens heterogêneas (PÉREZ-PERIS et al., 2023; SMITH et al., 2025).

As análises de nMDS baseadas na similaridade de Bray-Curtis corroboraram os resultados dos índices de diversidade, evidenciando diferenças na composição e abundância das espécies entre as estações. Na região Nordeste, a maior dispersão

dos pontos no espaço de ordenação indica elevada heterogeneidade espacial, fortemente associada à diversidade de habitats e tipos de substrato. A separação das estações de acordo com ambientes arenosos, recifais, com algas ou corais vivos sugere que o substrato exerce papel fundamental na estruturação das comunidades, atuando como um importante filtro ecológico (Sebens, 1991; Graham & Nash, 2013).

Na região Norte, por sua vez, o nMDS revelou um padrão mais contínuo, sem a formação de agrupamentos bem definidos, indicando comunidades mais difusas e gradientes suaves de variação na composição específica. Esse padrão pode estar associado à menor heterogeneidade de habitats ou à predominância de fatores ambientais mais amplos, como profundidade e gradientes oceanográficos, que promovem uma distribuição mais gradual das espécies (Clarke & Warwick, 2001).

Os dendrogramas de cluster reforçam essa interpretação. Enquanto no Nordeste foram observados subgrupos bem definidos, indicando maior similaridade entre determinadas estações, no Norte os agrupamentos ocorreram em níveis mais elevados de dissimilaridade, sugerindo maior variabilidade entre os pontos amostrais. A estação 1\_53\_Bo, no Nordeste, destacou-se por sua maior dissimilaridade, coerente com seus baixos valores de diversidade e equitabilidade, demonstrando consistência entre os diferentes métodos analíticos.

A aplicação do ANOSIM na região Nordeste confirmou estatisticamente a influência do tipo de substrato sobre a composição das comunidades, evidenciada pelo valor significativo de R (0,216;  $p = 0,02$ ). Embora o valor de R indique uma separação moderada entre os grupos, ele demonstra que as diferenças entre os tipos de substrato são ecologicamente relevantes, uma vez que as amostras dentro dos grupos são mais semelhantes entre si do que em relação às demais (Clarke, 1993).

A análise SIMPER permitiu identificar as espécies que mais contribuíram para a dissimilaridade entre os grupos de substrato. Espécies como *Haemulon aurolineatum*, *Holocentrus adscensionis* e *Pseudupeneus maculatus* foram importantes na diferenciação de ambientes arenosos e com algas, refletindo suas preferências ecológicas e estratégias de uso do habitat. Já a contribuição de *Bothus ocellatus*, *Haemulon squamipinna* e *Acanthurus polygonius* nos ambientes com corais vivos destaca a importância da complexidade estrutural para espécies associadas a recifes, seja para alimentação, abrigo ou reprodução (Sale, 1991; Bellwood et al., 2004).

A não aplicação do ANOSIM e do SIMPER para a região Norte deve-se à ausência de padrões consistentes de segregação entre os tipos de substrato nas análises de ordenação e agrupamento. A ausência de agrupamentos bem definidos limita a interpretação estatística de comparações categóricas, além de sugerir que outros fatores, possivelmente de maior escala espacial, governam a estrutura das comunidades nessa região.

De forma integrada, os resultados indicam que a região Nordeste apresenta comunidades mais estruturadas, fortemente influenciadas pela heterogeneidade de habitats e tipos de substrato, enquanto a região Norte exibe um padrão mais difuso, com maior heterogeneidade entre as estações e menor influência direta de categorias ambientais específicas. Outro aspecto importante a ser considerado na interpretação dos resultados refere-se às limitações metodológicas associadas à seletividade da arte de pesca utilizada. O arrasto de fundo, embora amplamente empregado em estudos de assembleias demersais, apresenta seletividade inerente que pode influenciar a composição das espécies registradas. Esse método tende a capturar preferencialmente espécies demersais de maior mobilidade ou aquelas associadas diretamente ao substrato, enquanto espécies crípticas, fortemente associadas a estruturas recifais complexas ou de pequeno porte podem ser subamostradas. Dessa forma, a estrutura das comunidades observada neste estudo pode refletir não apenas padrões ecológicos naturais, mas também viés de captura associado à seletividade do método amostral, aspecto amplamente reconhecido em estudos de ecologia pesqueira.

Adicionalmente, deve-se considerar que o esforço amostral diferiu entre as regiões Norte e Nordeste, com maior número de estações e maior quantidade de indivíduos coletados no Nordeste. Diferenças no esforço de amostragem podem influenciar diretamente estimativas de riqueza específica, diversidade e frequência de espécies raras, uma vez que maiores tamanhos amostrais aumentam a probabilidade de detecção de espécies pouco abundantes. Assim, parte das diferenças observadas entre as regiões pode estar associada não apenas às características ambientais e ecológicas distintas de cada área, mas também ao efeito do esforço amostral. Nesse contexto, comparações entre regiões devem ser interpretadas com cautela, sendo desejável, em estudos futuros, a aplicação de abordagens de padronização por esforço ou estimadores de riqueza, que permitam avaliações mais robustas da diversidade entre áreas com diferentes intensidades de amostragem.

Esses achados reforçam a importância da complexidade ambiental na manutenção da diversidade marinha e corroboram estudos que destacam o papel do habitat como um dos principais determinantes da estrutura das comunidades bentônicas e nectônicas (Thrush et al., 2006; Magurran & McGill, 2011)

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo evidenciam diferenças marcantes na estrutura das comunidades entre as regiões Nordeste e Norte, refletindo a influência da composição específica, da abundância relativa das espécies e das características ambientais locais. De modo geral, os padrões observados reforçam a importância da heterogeneidade ambiental e da complexidade do habitat na organização das comunidades aquáticas.

Na região Nordeste, as comunidades apresentaram maior organização estrutural, com padrões de agrupamento associados ao tipo de substrato, indicando que a heterogeneidade do fundo exerce papel determinante na composição e distribuição das espécies. Em contraste, a região Norte apresentou uma estrutura comunitária mais difusa, sem formação clara de grupos, sugerindo a atuação de fatores ambientais de maior escala espacial ou gradientes contínuos que influenciam a organização das assembleias.

De forma geral, os achados destacam que diferentes regiões podem responder de maneira distinta aos mesmos fatores ambientais, dependendo do contexto ecológico e da complexidade do habitat. Assim, este estudo contribui para a compreensão dos padrões espaciais e estruturais das comunidades aquáticas nas áreas analisadas, fornecendo subsídios relevantes para ações de manejo, conservação e monitoramento de ecossistemas tropicais.

## 7 REFERÊNCIAS

ALRIYAMI, Z.; MONTOYA, J. P. Biomass and stable carbon isotope distributions in the Amazon plume region. **Frontiers in Marine Science**, v. 11, p. 1484825, 2024. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1484825>.

AMARAL, A. C. Z.; JABLONSKI, S. *Conservação da biodiversidade marinha e costeira no Brasil*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

- BAPTISTA, D. F. et al. Diversity and habitat preference of aquatic insects along the longitudinal gradient of the Macaé river basin, Rio de Janeiro, Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 61, n. 2, p. 249–258, 2000.
- BELLWOOD, D. R. et al. Confronting the coral reef crisis. **Nature**, v. 429, n. 6994, p. 827–833, 2004.
- BENKE, A. C. Secondary production of aquatic insects. In: RESH, V. H.; ROSENBERG, D. M. (org.). *The ecology of aquatic insects*. New York: Praeger Publishers, 1984. p. 289–322.
- CLARKE, K. R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. **Australian Journal of Ecology**, v. 18, n. 1, p. 117–143, 1993.
- CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. 2. ed. Plymouth: PRIMER-E, 2001.
- CLARKE, K. R.; GORLEY, R. N. *PRIMER v7: User Manual/Tutorial*. Plymouth: PRIMER-E, 2015.
- EDUARDO, L. N. *Diversidade, distribuição e abundância da ictiofauna demersal do Nordeste do Brasil*. 2017. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.
- EDUARDO, L. N. et al. Identifying key habitat and spatial patterns of fish biodiversity in the tropical Brazilian continental shelf. **Continental Shelf Research**, v. 166, p. 108–118, 2018.
- FAO. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022*. Rome: FAO, 2022.
- FAO. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2024: Blue transformation in action*. Rome: FAO, 2024. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>.
- GRAY, J. S. Species richness of marine soft sediments. **Marine Ecology Progress Series**, v. 244, p. 285–297, 2002.
- GONZÁLEZ-BARRIOS, F. J. et al. Emergent patterns of reef fish diversity correlate with coral assemblage shifts along the Great Barrier Reef. **Nature Communications**, v. 16, p. 303, 2025.
- HILL, M. O. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. **Ecology**, v. 54, n. 2, p. 427–432, 1973.
- JOLY, C. A. et al. Diagnóstico da pesquisa em biodiversidade no Brasil. **Revista USP**, n. 89, p. 114–133, 2011.
- JOST, L. Entropy and diversity. **Oikos**, v. 113, n. 2, p. 363–375, 2006.
- LEWINSOHN, T. M.; PRADO, P. I. Quantas espécies há no Brasil? **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 36–42, 2005.

- MACARTHUR, R. H.; MACARTHUR, J. W. On bird species diversity. **Ecology**, v. 42, n. 3, p. 594–598, 1961.
- MAGURRAN, A. E. *Measuring biological diversity*. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013.
- NATIONAL SCIENCE REVIEW. Conservation priorities for global marine biodiversity across multiple dimensions. **National Science Review**, 2023.
- OKSANEN, J. et al. Vegan: a package of R functions for community ecology. **Journal of Vegetation Science**, v. 18, n. 6, p. 927–930, 2007.
- PÉREZ-PERIS, I. et al. Effect of depth across a latitudinal gradient in the structure of rhodolith seabeds and associated biota across the Eastern Atlantic Ocean. **Diversity**, v. 15, n. 1, p. 103, 2023.
- PIELOU, E. C. The measurement of diversity in different types of biological collections. **Journal of Theoretical Biology**, v. 13, n. 1, p. 131–144, 1966.
- RIERA, R. et al. Navigating biodiversity patterns in fragmented seagrass mosaics. **Scientific Reports**, v. 15, p. 8729, 2025.
- RIERA, R.; GONZÁLEZ-BARRIOS, F. J. et al. Influence of the Amazon River plume on the biodiversity and assemblage structure of lanternfishes (Myctophidae). **Deep Sea Research Part I**, v. 225, p. 104572, 2025.
- SALE, P. F. *The ecology of fishes on coral reefs*. San Diego: Academic Press, 1991.
- SEBENS, K. P. Habitat structure and community dynamics in marine benthic systems. In: BELL, S. S.; MCCOY, E. D.; MUSHINSKY, H. R. (org.). *Habitat structure: the physical arrangement of objects in space*. London: Chapman & Hall, 1991. p. 211–234.
- TEWS, J. et al. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity: the importance of keystone structures. **Journal of Biogeography**, v. 31, n. 1, p. 79–92, 2004.
- THRUSH, S. F. et al. Habitat–community interactions in coastal ecosystems: a review of predictive modeling approaches. **Marine Ecology Progress Series**, v. 311, p. 25–38, 2006.
- TOSETTO, E. G. et al. Amazon River plume habitats shape planktonic cnidarian assemblages in the Western Atlantic. **PLOS ONE**, v. 18, e0290667, 2023. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0290667>.
- VINSON, M. R.; HAWKINS, C. P. Biodiversity of stream insects: variation at local, basin and regional scales. **Annual Review of Entomology**, v. 43, p. 271–293, 1998.
- VITTE, C. O. O litoral brasileiro: a valorização do espaço e os riscos socioambientais. **Territorium**, n. 10, p. 61–71, 2003.

XIANG, C. Overfishing: growing crisis for global marine ecosystems. **Fish & Aquaculture Journal**, v. 15, p. 1–6, 2024. <https://doi.org/10.35248/2150-3508.24.15.378>