



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA – CAMPUS I
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO**

ÉDEN HÁVILA LIMA GUEDES

**DIVERSIDADE FUNCIONAL DAS ASSEMBLEIAS DE PEIXES EM PRAIAS
TROPICAIS COM DIFERENTES GRAUS DE MORFODINAMISMO**

CAMPNA GRANDE – PB

2022

ÉDEN HÁVILA LIMA GUEDES

**DIVERSIDADE FUNCIONAL DAS ASSEMBLEIAS DE PEIXES EM PRAIAS
TROPICAIS COM DIFERENTES GRAUS DE MORFODINAMISMO**

Trabalho de Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Área de concentração: Processos ecológicos e funcionamento em ecossistemas terrestres e aquáticos.

Sob a orientação do Professor

André Luiz Machado Pessanha

CAMPINA GRANDE – PB

2022

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

G924d Guedes, Éden Hávila Lima.
Diversidade funcional das assembleias de peixes em praias tropicais com diferentes graus de morfodinamismo [manuscrito] / Éden Hávila Lima Guedes. - 2022.
62 p. : il. colorido.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2022.

"Orientação : Prof. Dr. André Luiz Machado Pessanha, Coordenação de Curso de Biologia - CCBS."

1. Ictiofauna. 2. Morfodinamismo. 3. Ecossistema marinho.
4. Diversidade funcional. I. Título

21. ed. CDD 577.6

ÉDEN HÁVILA LIMA GUEDES

**DIVERSIDADE FUNCIONAL DAS ASSEMBLEIAS DE PEIXES EM PRAIAS
TROPICAIS COM DIFERENTES GRAUS DE MORFODINAMISMO**

Trabalho de qualificação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

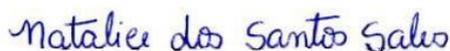
Área de concentração: Processos ecológicos e funcionamento em ecossistemas terrestres e aquáticos.

Aprovada em: 24 / 02 / 2022.

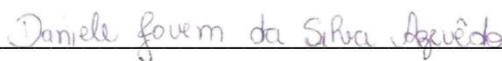
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. André Luiz Machado Pessanha (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dra. Natalice dos Santos Sales
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dra. Daniele Jovem da Silva Azevêdo
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

À Deus, minha família e todos os meus amigos
que me ajudaram a completar esse trabalho.

“Não deixemos passar despercebido o outro grande fato de que a ciência não apenas construí a base da escultura, da pintura, da música, e da poesia, mas de que ela própria é poética”.
(Herbert Spencer)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por tudo, e ter me dado força para mais uma fase da minha vida concluída. Princiaplemte em um época bastante complicada, devido a pandemia.

Agradeço aos meus pais por sempre terem me apoiado nas minhas escolhas e fazer o possível para me ajudar, tudo o que eu sou hoje é por causa de vcs que sempre batalharam para dar uma boa educação para mim e minhas irmãs. Tambem agradeços as minhas irmãs que sempre me ajudaram com palavras de apoio, em momentos difíceis.

Aos meus amigos (as) dos Lep, que hoje nem considero mais como amigos (as) e sim uma grande família. Obrigado por me ajudarem e me apoiarem, e sempre estar ao meu lado. Mesmo nos momentos difíceis. Agradeço em especial a Xandi e Carol por me ajudar na estatística e rodar os dados. A juan, Manu, Beth e Breno que além de amigos de salas foram companheiros de risadas e trabalhos ao longo desse mestrado.

Agradecer ao melhor orientador que eu podia ter pedido a Deus, que é multifuncional, pois uma hora é pai (não é atoa que é considerado o paizão do curso de biologia kkkkkkk), amigo e conselheiro nos momentos felizes e difíceis das nossas vidas, na qual se preocupa com a gente de um jeito que eu nunca vir. Onde sempre arruma tempo para todos nós, não me pergunte como. Obrigado André por me aceitar no seu laboratório, e agora no mestrado, mesmo sem saber muito o senhor me aceitou e depositou confiança em mim. Tambem agradecer pela incrível paciência que o senho teve comigo durante esse mestrado, sei que dei bastante trabalho, e não foi pouco kkkkk, mas mesmo assim não me deixou de lado. Espero que um dia me torne um bom profissional como o senhor é, e inspirar mais pessoas a se apaixonar pela pesquisa e a educação, em especial a biologia kkkkk.

Agradeço a UEPB, por oferecer a oportunidade para a minha Especialização, a CAPES, pela financiamento para a minha pesquisas.

Obrigado a todos vcs que fazem parte da minha vida, que Deus possa abençoar a todos e desculpa as minhas brincadeiras ou algo do tipo que magoou.

RESUMO

As praias são um grande influenciador na distribuição e composição das espécies de peixes, e isso ocorre principalmente por ações dos ventos, ondas e amplitude da maré. As assembleias de peixes em locais com grande exposição das ondas apresenta uma menor riqueza de espécies, e isso ocorre pela turbidez das ondas atuando como um filtro, enquanto locais mais protegidos terá um maior número de espécies, através de costões rochosos, servindo de barreira contra os impactos da ondas. No nordeste brasileiro encontramos amplitude classificada de mesomaré, sendo importante para a estrutura praial. O objetivo do presente estudo é analisar como estão distribuídos os atributos funcionais através dos diferentes tipos de grau de exposição das praias, em diferentes graus de hidrodinamismo. Para responder as seguintes questões: 1) A exposição das ondas afeta a diversidade funcional e taxonômica das assembleias de peixes? 2) Quais as principais variáveis ambientais explicam a variação da diversidade funcional entre as praias?. As coletas foram efetuadas no nordeste do Brasil em nove praias de acordo com o seu grau de exposição (Praias Dominada por Maré: Coqueirinho, Camurupim, e Curva do Pontal; Modificada por Maré: Bessa, Pontal e Formosa; Praia Dominada por Onda: Campina, Intermáres e Cabo Branco). Os peixes foram coletados com auxílio de uma rede de arrasto do tipo “beach seine”, onde em cada local da foram mensurados as variáveis ambientais (salinidade, profundidade, transparência, e temperatura) e morfodinâmica (altura de onda, frequência de onda, tempo de onda e tipos de sedimentos). Foram selecionados 8 atributos funcionais, levando em consideração a locomoção e dieta, através da morfologia dos peixes com um paquímetro digital e utilização de referência literária. Para analisar as variáveis ambientais com o grau de exposição foi usado uma (PERMANOVA), o mesmo foi feito para a comunidade entre as praias, a posteriori foi feito um *pair-wise* entre os ambientais e abundância entre as praias. Para analisar a diversidade funcional, foi usado os índices de riqueza funcional (FRich), Uniformidade funcional (FEve) e redundância funcional (FRed). Em seguida foi verificada a correlação entre os atributos funcionais e as variáveis ambientais através da análise RLQ. Usamos o CWM (Community-Weighted Mean) para saber quais traços eram mais predominantes em cada praia. No total, foram capturados nas praias 118 espécies de peixes. Nossos resultados apontaram que maiores abundâncias e diversidade funcional foram registradas em praias dominadas e modificadas pelas marés. Os eixos da RLQ também evidenciaram uma separação entre os três tipos morfodinâmicos de praias, com as praias dominadas por ondas apresentando maiores correlações com salinidade, profundidade, altura de onda e tempo de onda, enquanto as praias dominadas e modificadas por marés com

correlações com areia grossa, areia média e transparência. Nossos resultados apontaram que as assembleias de peixes como a taxonômica há uma diminuição nas praias com maior exposição, em relação as outras duas praias, além disso pelo fato das praias dominadas por mare estarem mais próximo ao estuário há uma maior riqueza de espécies, evidenciando a importância da conectividade. Além disso, os traços foram bastante distintos em cada tipo de praia onde se observou que as praias Dominadas por marés são associadas por indivíduos com o corpo compressiforme e a nadadeiras caudal lanceolada, além de uma dieta zoobentívora, que auxiliam-na maior interação com altura e tempo da onda; já as praias com menor hidrodinamismo os indivíduos foram associados ao formato de corpo sagitiforme.

Palavras Chave: atributos funcionais, praias tropicais, exposição, estrutura de comunidade, conectividade espacial

ABSTRACT

Beaches are a major influencer in the distribution and composition of fish species, and this is mainly due to the actions of winds, waves and tidal amplitude. Fish assemblages in places with great exposure to waves have a lower species richness, and this is due to the turbidity of the waves acting as a filter, while more protected places will have a greater number of species, through rocky shores, serving as a barrier against the impacts of the waves. In northeastern Brazil, we found a range classified as mesotidal, which is important for the beach structure. The aim of the present study is to analyze how the functional attributes are distributed across the different types of exposure degree of the beaches, in different degrees of hydrodynamics. To answer the following questions: 1) Does wave exposure affect the functional and taxonomic diversity of fish assemblages? 2) What are the main environmental variables that explain the variation in functional diversity between beaches?. Samplings were carried out in northeastern Brazil on nine beaches according to their degree of exposure (Tide-dominated Beaches: Coqueirinho, Camurupim, and Curva do Pontal; Maré Modified: Bessa, Pontal and Formosa; Wave-dominated Beach: Campina, Intermares and Cabo Branco). Fish were collected using a beach seine trawl, where environmental variables (salinity, depth, transparency, and temperature) and morphodynamics (wave height, wave frequency, time waveforms and sediment types). Eight functional attributes were selected, taking into account locomotion and diet, through fish morphology with a digital caliper and use of a literary reference. To analyze the environmental variables with the degree of exposure, a (PERMANOVA) was used, the same was done for the community between the beaches, a posteriori a pair-wise was made between the environmental and abundance between the beaches. To analyze the functional diversity, the indices of functional richness (FRich), Functional uniformity (FEve) and functional redundancy (FRed) were used. Then, the correlation between the functional attributes and the environmental variables was verified through the RLQ analysis. We used the CWM (Community-Weighted Mean) to find out which traits were most prevalent on each beach. In total, 118 species of fish were caught on the beaches. Our results showed that higher abundances and functional diversity were recorded on beaches dominated and modified by the tides. To analyze the functional diversity, the indices of functional richness (FRich), Functional uniformity (FEve) and functional redundancy (FRed) were used. Then, the correlation between the functional attributes and the environmental variables was verified through the RLQ analysis. We used the CWM (Community-Weighted Mean) to find out which traits were most prevalent on each beach. In total, 118 species of fish were caught on the beaches. Our results showed that higher

abundances and functional diversity were recorded on beaches dominated and modified by the tides. In addition, the traits were quite distinct in each type of beach, where it was observed that tidal dominated beaches are associated by individuals with a compressiform body and lanceolate caudal fins, in addition to a zoobenthivorous diet, which help us to have a greater interaction with height. and wave time; On the other hand, at beaches with lower hydrodynamics, individuals were associated with a sagittiform body shape.

Keywords: functional attributes, tropical beaches, Exposure, community structure, spatial connectivity

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Área de amostragem com indicações das praias e a sua classificação de acordo com o seu morfodinamismo. Praias dominadas por ondas em verde (Cabo Branco, Intermares e Campina), praias modificadas por maré em laranja (Bessa, Formosa e Pontal) as dominas por maré em vermelho. (Coqueirinho, Camurupim e Curva do Pontal).....26
- Figura 2.** Variação espacial da abundância numérica (nº de indivíduos) e riqueza em cada tipo-estado praial, nas diferentes praias amostradas no litoral da Paraíba, Nordeste do Brasil: TD – Praias dominadas por marés; TM – Praias modificadas por marés; WD – Praias dominadas por ondas. As linhas em negrito representam as medianas e amplitude das linhas indicam as maiores e menores observações. As caixas, de cada gráfico, com letras iguais não são significativamente diferentes entre os tipos-estados praiais, pelo teste *pair-wise*. 32
- Figura 3.** Box-plot da variação espacial das variáveis de riqueza funcional (FRich), uniformidade funcional (FEve) e redundância funcional (FRed), em cada tipo-estado praial, nas diferentes praias amostradas no litoral da Paraíba, Nordeste do Brasil: TD – Praias domindas por marés; TM – Praias modificadas por marés; WD – Praias domindas por ondas. As linhas negritos representam as medianas e amplitude das linhas indicam as maiores e menores observações. As caixas, de cada gráfico, com letras iguais não são significativamente diferentes entre os tipos-estados praiais, pelo teste *pair-wise*.33
- Figura 4.** Análise da RLQ entre os traços funcionais das espécies com as variáveis ambientais (A) associadas em cada tipo-estado praial (B), nas diferentes praias amostradas no litoral da Paraíba, Nordeste do Brasil: TD – Praias dominadas por marés; TM – Praias modificadas por marés; WD – Praias dominadas por ondas. Abreviações: Dieta; detr (Detritívoro), herb (Herbívoro), inset (Insetívoro), oniv (Onívoro), pisc (Piscívoro), zoobe (Zoobentívoro), zoopla (Zooplactívoro), Habitats; bent (Bentônico), bentpel (Bentopelágico), pel (Pelágico), morfológicos; alon (Alongado), angui(Anguiforme), comp (Compressiforme), dep 1 (Depressiforme1), dep 2 (Depressiforme 2), fili (Filiforme), fusi (Fusiforme), globi (Globiforme), sagiti (Sagitiforme), arre (Arredondada), cont (Continua), emar (Emarginada), furc (Furcada), lance (Lanceolada), lun (Lunada), trunc (Truncada), IC (índice de Compressão), AR (Altura Relativa), ICPC (Índice do Comprimento do Pendúnculo Caudal), ARNp (Altura Relativa da Nadadeira Peitoral)..... 35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores de médias e erros padrão das variáveis ambientais, em cada tipo-estado praial, nas diferentes praias amostradas no litoral da Paraíba, Nordeste do Brasil: TD – Praias dominadas por marés; TM – Praias modificadas por marés; WD – Praias dominadas por ondas. NS - não significativo. Valores da PERMANOVA e do pair-wise são apresentados à direita da tabela. *= $p < 0,05$ 31

Tabela 2. Valores das variáveis ambientais através da RLQ. temp (temperatura), sal (salinidade), transp. (transparência), prof (profundidade), temp.onda (tempo de onda), alt.onda (altura da onda), ar.gros (areia grossa), ar,méd (areia média), ar.fina (areia fina). 36

Tabela 3. Valores das correlações dos traços através da RLQ. Dieta; detr (Detritívoro), herb (Herbívoros), inset (Insetívoro), oniv (Onívoro), pisc (Piscívoro), zoobe (Zoobentívoro), zoopla (Zooplactívoro), Habitats; bent (Bentônico), bentpel (Bentopelágico), pel (Pelágico), morfológicos; alon (Alongado), angui(Anguiliforme), comp (Compressiforme), dep 1 (Depressiforme1), dep 2 (Depressiforme 2), fili (Filiforme), fusi (Fusiforme), globi (Globiforme), sagiti (Sagitiforme), arre (Arredondada), cont (Continua), emar (Emarginada), furc (Furcada), lance (Lanceolada), lun (Lunada), trunc (Truncada), IC (índice de Compressão), AR (Altura Relativa), ICPC (Índice do Comprimento do Pendúnculo Caudal), ARNp (Altura Relativa da Nadadeira Peitoral). 36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	14
2 PERGUNTA E HIPÓTESE	18
2.1 PERGUNTA.....	18
2.2 HIPÓTESE	18
2.3 PREVISÃO.....	18
3 OBJETIVOS	18
3.1 GERAL.....	18
3.2 ESPECÍFICOS	18
4 ESTRUTURA GERAL DA DISSERTAÇÃO	19
CAPÍTULO 1	20
RESUMO	20
1 INTRODUÇÃO	23
2 MATERIAL E MÉTODOS	25
2.1 ÁREA DE ESTUDO	25
2.2 DESENHO AMOSTRAL	28
2.3 PROCEDIMENTO EM LABORATÓRIO	28
2.4 SELEÇÃO DOS ATRIBUTOS.....	28
2.5 ANÁLISE DE DADOS	29
3 RESULTADOS	30
3.1 VARIÁVEIS AMBIENTAIS	30
3.2 COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DA ICTIOFAUNA NAS PRAIAS	30
3.3 DIVERSIDADE FUNCIONAL	32
3.4 CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS E OS ATRIBUTOS FUNCIONAIS	34
4 DISCUSSÃO	37
REFERÊNCIAS	42

APÊNDICE A – MATERIAL SUPLEMENTAR.....	55
---	-----------

1 INTRODUÇÃO GERAL

As praias constituem ecossistemas costeiros mais dinâmicos devido as suas feições morfodinâmicas que variam em função principalmente da ação das marés, ondas e o tipo de sedimento (DEFEO e MCLACHLAN, 2005; SCOTT; MASSELINK e RUSSELL, 2011). Baseado nessas características, as praias podem ser classificadas desde aquelas onde se observam uma área com maior energia das ondas e sedimento mais grosso, até as praias onde a quebra das ondas ocorre na face externa, com sedimento fino e pequenas ondas (BROWN e MCLACHLAN, 2002; DEFEO e MCLACHLAN, 2005; MCLACHLAN; DEFEO e SHORT, 2018). Todas essas características morfodinâmicas são de grande importância para as assembleias de peixes, já que nem todas as espécies conseguem habitar ambientes com grande hidrodinâmica das ondas (BROWN e MCLACHLAN, 2002; DEFEO e MCLACHLAN, 2005; MCLACHLAN, 1990; MCLACHLAN e TURNER, 1994). Tendo uma diminuição da abundância e diversidades das espécies em praias com maior turbidez gerado pela ação das ondas (MCLACHLAN *et al.*, 1993; 1995). Com isso, as praias vêm ganhando destaque nos estudos de ecologia, uma vez que possuem assembleias de peixes bem associadas a esses sistemas costeiros (MCLACHLAN; DEFEO e SHORT, 2018).

No Brasil, mais especificamente na costa do Nordeste, as variações das marés têm importantes efeitos na morfodinâmica praial. Essa área de costa brasileira está sob o regime das mesomarés, apresentando amplitude na ordem em torno de 2,2 m (SALLES *et al.*, 2000; DEFEO; MCLACHLAN, 2013; SHOT; KLEIN, 2016). As praias que estão sob esse regime são classificadas de acordo com o *Relative Tide Range* (RTR). Essa classificação utiliza a amplitude das marés e altura média da arrebentação das ondas em seu cálculo, e de acordo com o valor obtido podemos observar: praias dominadas por ondas (RTR <3), praias dominadas por marés (RTR >10), e praias modificadas por marés (RTR 3 ≥10) (MASSELINK e SHOT, 1993; MCLACHAN, DEFEO e SHORT, 2018). Como características marcantes, as praias dominadas por ondas apresentam maior turbidez e substrato com grãos de areia mais grosso, a zona de arrebentação ocorre bem próxima à costa; as praias dominadas por marés têm como principal influenciador da sua dinâmica a amplitude das marés, apresentando um sedimento com predomínio de uma areia mais fina e um declive plano; já as praias modificadas por marés têm características intermediárias das duas praias, nesse caso, sendo influenciadas tanto pelas ondas como a amplitude das marés (MASSELINK e SHOT, 1993; MCLACHLAN; DEFEO e SHORT, 2018).

As características morfodinâmicas das praias atuam como uma barreira para a distribuição de muitas espécies de peixes, servindo como um importante filtro ambiental para a estrutura das assembleias de peixes (MOUILLOT; DUMAY e TOMASINI, 2007). A exposição é considerada um dos atributos mais importante, pois molda a abundância, diversidade, biomassa e tamanho dos indivíduos nesses ambientes (MCLACHLAN e BROWN, 2010; DEFEO e MCLACHLAN, 2013). Estudos realizados nesses ecossistemas costeiros apontam que a riqueza das espécies de peixes costuma ser maior em praias com menor hidrodinamismo causado pela ação das ondas e ventos (INUI *et al.*, 2010; PATTRICK e STRYDOM, 2014). Estando esse hidrodinamismo relacionado com o período e altura das ondas (PATTRICK e STRYDOM, 2014). Também observaram que havia uma maior abundância de peixes herbívoros em recife de corais protegidos, em relação aos expostos, como também após uma perturbação (KARKAREY *et al.*, 2020).

Outro aspecto importante que influencia a riqueza de espécies nas praias é a proximidade com outros ecossistemas costeiros, relacionados com a conectividade espacial (NAGELKERKEN *et al.*, 2015). Por exemplo, a conectividade entre praias e estuários, aumenta a riqueza e a abundância das espécies, pois juvenis de espécies marinhas utilizam as praias próximas para recrutarem antes de entrarem nos estuários (VALESINI; POTTER e CLARKE, 2004, VARGAS-FONSECA *et al.*, 2016). Outros estudos também apontam para essa conectividade entre praias com outros habitats, onde juvenis utilizam as praias como áreas de berçário antes de se dispersarem para outros habitats como bancos de fanerógamas (SICHUM; TANTICHODOK e JUTAGATE, 2013), manguezais (JUNIOR *et al.*, 2017) e recifes costeiros (MOSMAN *et al.*, 2020). Olds *et al.* (2018) apontam que as praias ainda são utilizadas por indivíduos adultos como locais de alimentação e desova, além de proteção contra predadores. Nesse último caso, espécies de pequeno porte e formadoras de cardume, como representantes das famílias Engraulidae e Clupeidae, tem sido amplamente relacionadas com a utilização das praias como locais de proteção (DE ARAÚJO *et al.*, 2004; OLIVEIRA e PESSANHA, 2014).

Devido a complexidade que há nas praias (ex.: turbidez, tipos de sedimentos e conectividade) através da assembleias de peixes, se faz necessário a utilização de ferramentas eficazes para analisar a sua distribuição, funções ecológicas e comportamento. E para isso é que se utiliza a diversidade funcional, que trabalha como os indivíduos utilizam o ecossistema através dos traços funcionais (SANTOS; MAYES e MAGURRAN, 2020). Sendo necessário antes ter um prévio conhecimento específico sobre como determinados organismos interagem com seu ambiente, uns com os outros, e como as características variam em gradientes ambientais, são essenciais para determinar características específicas a serem usadas. Esse

conhecimento prévio pode vir de qualquer fonte, como conhecimento especializado, estudos observacionais de como as características são distribuídas em gradientes de variabilidade ambiental, estudos experimentais de interações entre espécies ou modelos teóricos de comunidades e ecossistemas (PETCHEY e GASTON, 2006).

Os estudos de diversidade funcional permitem evidenciar como os organismos utilizam o ecossistema através dos seus traços funcionais. Essa visão não é avaliada quando levamos em conta somente a riqueza, pois ela só fornece o número de espécies, sem levar em consideração o funcionamento do ecossistema e a resposta aos fatores ambientais (MOUILLOT; DUMAY e TOMASINI, 2007). Portanto, os traços funcionais dos peixes indicam uma relação com o tipo de habitat que se encontram (SCHULTZ *et al.*, 2018). Por exemplo, peixes que são encontrados em praias com maior ação das ondas, tem um desenho do corpo mais hidrodinâmico, com formato fusiforme e comprimido lateralmente, que os auxilia a ter uma melhor manobrabilidade na natação para quebrar a barreira das ondas (MOUCHET, 2010; OLDS *et al.*, 2018). Contrariamente, peixes que são achatados dorsoventralmente, são mais relacionados com o hábito bentônico, que os permite que se enterrem ou permaneçam sob a superfície do substrato enquanto as ondas se movem sobre eles (LAUDER, 2015).

A diversidade funcional trabalha com vários tipos de índices para medir as múltiplas características dos indivíduos ao longo do espaço dimensional, analisando um conjunto de características na qual as espécies e comunidades estão posicionadas, podendo ser usados aspectos como o ciclo de vida, dieta, reprodução e dispersão nos ecossistemas (MCGILL *et al.* 2006; PETCHEY e GASTON, 2006; VILLEGER; MASON e MOUILLOT, 2008). Entre os índices temos a Riqueza funcional (FRic), Uniformidade Funcional (FEve) e Redundância Funcional (FRed) (MCPHERSON; YEAGER e BAU, 2017). A riqueza funcional mede o volume ocupado pelas espécies no espaço funcional, ou seja, quanto mais espécies funcionalmente diferentes maiores a chance de haver maior riqueza, levando em consideração o papel que cada espécie desempenha dentro da assembleia (MCPHERSON; YEAGER e BAU, 2017; SANTOS; MAYES e MAGURRAN, 2020). Já a Uniformidade Funcional mede o quão bem as abundâncias das espécies estão distribuídas no espaço funcional: se as espécies funcionalmente distintas apresentarem abundâncias parecidas, será observado maior equitabilidade funcional; por outro lado, se espécies funcionalmente parecidas concentrarem a abundância e poucos indivíduos apresentam características distintas das espécies dominantes, então possuirá baixa equitabilidade funcional (MCPHERSON; YEAGER e BAU, 2017; SANTOS; MAYES e MAGURRAN, 2020). Por fim, temos a Redundância Funcional que mede o quanto de traços há em comum dentro do espaço funcional, ou seja, quanto mais espécies com

atributos que desempenham o mesmo papel funcional maior é a redundância funcional, enquanto menor redundância funcional quer dizer que pode haver espécies raras (MCPHERSON; YEAGER e BAU, 2017). Através dos traços dos peixes também podemos ver como esses traços estão distribuídos no ambiente, e isso é feito através da RLQ, que é uma técnica que fornece pontuações de ordenações para resumir a estrutura (DRAY *et al.*, 2014), que utiliza três tabelas.

Para analisar os traços que foram mais predominantes em cada locais, utiliza-se o CWM (Community-Weighted Mean), onde observa quais categorias de traços foi mais dominantes em uma comunidade, isso é bastante importante, pois a característica das espécies mais abundantes determina os processos ecossistêmicos (RICOTTA e MORETTI, 2011). Além disso, pode ser usado para analisar uma perturbação, uma vez que, consegue perceber as mudanças dos valores médios das características dentro da comunidade devido à seleção ambiental para certas características (VANDEWALLE *et al.*, 2010). Este índice só pode ser usado para avaliar características individualmente, tornando possível comparar quantitativamente categorias de características (LINDEN *et al.*, 2016).

2 PERGUNTA E HIPÓTESE

2.1 PERGUNTA

Como a diversidade funcional, juntamente com os atributos funcionais e a composição das assembleia de peixes se comporta ao longo de um gradiente morfodinâmico?

2.2 HIPÓTESE

Haverar uma maior diversidade funcional e composição da assembleia de peixes em praias com menor hidrodinamismo, sendo elas as TD (Dominada por Maré) e TM (Modificadas por Maré), em relação as praias WD (Dominada por Maré), que tem um maior hidrodiamismo.

2.3 PREVISÃO

A diversidade funcional dos peixes estarão distribuído de acordo com a ação exposta das ondas, como fator primordial. Além disso, os fatores ambientais juntamente com outros sistemas costeiros (ex.: recifes, estuários) auxiliarão na estrutura e composição da assembleia de peixes. Há um padrão de que a riqueza de espécies diminui em praias com maior ação das ondas e, portanto, com maior hidrodinamismo.

3 OBJETIVOS

3.1 GERAL

Analisar a diversidade funcional e a composição das assembleias de peixes no gradiente formado por praias morfodinamicamente distintas (praias dominadas por ondas, praias dominadas por marés, e praias modificadas por marés).

3.2 ESPECÍFICOS

- ✓ Observar o comportamento das assembleias de peixes em relação aos fatores ambientas e as características morfodinâmica;
- ✓ Destacar a influência das características da morfodinâmica praias sobre a diversidade funcional;
- ✓ Identificar quais traços funcionais e índices que dominaram em cada tipo de praia.

4 ESTRUTURA GERAL DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação está organizada em um capítulo, e o manuscrito está intitulado:

Capítulo 1 – “Comparação da diversidade funcional das assembleias de peixes em praias tropicais morfodinamicamente distintas”, que será submetido para a revista *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (FI = 2,929; Qualis A2/ área de Biodiversidade).

CAPÍTULO 1.

Esse manuscrito será submetido ao periódico Estuarine, Coastal and Shelf Science

Diversidade funcional das assembleias de peixes em praias tropicais morfodinamicamente distintas

Éden Hávila Lima Guedes & André Luiz Machado Pessanha

RESUMO

O grau de exposição das praias é um importante filtro ambiental para entender a organização do conjunto funcionais juntamente com a distribuição das assembleias de peixes. No caso de áreas costeiras com a influência das mesomarsés, a amplitude das marés também contribui para gerar uma heterogeneidade espacial entre diferentes tipos morfodinâmicos das praias, principalmente àquelas próximas a outros sistemas costeiros. O presente trabalho visa analisar a diversidade funcional e taxonômica das assembleias de peixes no gradiente formado por praias morfodinamicamente distintas na costa do Nordeste do Brasil. Um conjunto de características funcionais das assembleias foi usado para responder as seguintes questões: 1) A exposição das ondas afeta a diversidade funcional e taxonômica das assembleias de peixes? 2) Quais as principais variáveis ambientais explicam a variação da diversidade funcional entre as praias morfodinamicamente distinta? As amostragens foram efetuadas em 9 praias tropicais, e os peixes foram coletados com auxílio de uma rede de arrasto. Foram selecionados 12 atributos funcionais relacionados com locomoção, uso do habitat e dieta, que posteriormente forma usados para calcular os índices de Riqueza Funcional (FRich), Uniformidade Funcional (FEve) e Redundância Funcional (FRed). Realizamos análises de RLQ para desvendar o papel do espaço e do ambiente sobre a estrutura funcional das assembleias de peixes. Usamos o CWM (Community-Weighted Mean) para saber quais traços eram mais predominantes em cada praia. No total foram capturados 118 espécies de peixes, com menores abundâncias e riquezas registradas nas praias dominadas pelas ondas. Esse padrão também foi observado para a riqueza funcional, exceto para a redundância e uniformidade funcional. Os eixos da RLQ também evidenciaram uma separação entre os três tipos de praias, sugerindo que altura e o tempo de onda impõe uma forte correlação atuando como um filtro ambiental sobre as assembleias de peixes. Além disso, os traços relacionados dieta, uso do habitat e o formato do corpo demonstram que os peixes tem uma maior relação com ambiente costeiro adjacente, desse modo, tendo uma

maior riqueza funcional e de espécies, evidenciando a importância da conectividade para garantir também essas diferenças na diversidade funcional.

Palavras-Chave: Praias costeiras e estuarinas, RLQ, Morfodinamismo, traços funcionais

Comparison of the functional diversity of fish assemblages on morphodynamically distinct tropical beaches

Eden Hávila Lima Guedes & André Luiz Machado Pessanha

ABSTRACT

The degree of beach exposure is an important environmental filter to understand the organization of the functional set along with the distribution of fish assemblages. In the case of coastal areas with the influence of the mesotidal, the tidal amplitude also contributes to generate a spatial heterogeneity between different morphodynamic types of beaches, especially those close to other coastal systems. The present work aims to analyze the functional and taxonomic diversity of fish assemblages in the gradient formed by morphodynamically distinct beaches on the coast of Northeastern Brazil. A set of functional assemblage characteristics was used to answer the following questions: 1) Does wave exposure affect the functional and taxonomic diversity of fish assemblages? 2) What are the main environmental variables that explain the variation in functional diversity between morphodynamically distinct beaches?. Sampling was carried out on 9 tropical beaches, and fish were collected using a trawl net. Twelve functional attributes related to locomotion, habitat use and diet were selected, which were later used to calculate the Functional Wealth (FRich), Functional Uniformity (FEve) and Functional Redundancy (FRed) indices. We performed RLQ analyzes to unravel the role of space and environment on the functional structure of fish assemblages. We used the CWM (Community-Weighted Mean) to find out which traits were most prevalent on each beach. In total, 118 species of fish were captured, with lower abundances and richness recorded on beaches dominated by waves. This pattern was also observed for functional richness, except for redundancy and functional uniformity. The RLQ axes also showed a separation between the three types of beaches, suggesting that wave height and time impose a strong correlation acting as an environmental filter on fish assemblages. In addition, the traits related to diet, habitat use and body shape show that fish have a greater relationship with the adjacent coastal environment, thus having greater functional and species richness, evidencing the importance of connectivity to also guarantee these differences in functional diversity.

Keywords: Coastal and estuarine beaches, RLQ, Morphodynamism, fish assemblage.

1 INTRODUÇÃO

A abundância e riqueza de espécies de peixes nas praias tropicais são influenciadas pela qualidade do habitat, pela conectividade espacial, e o nível de exposição gerado pelas ondas, marés e ventos (NAGELKERKEN *et al.* 2015). No caso da exposição, as praias podem ser caracterizadas desde aquelas onde se observam uma área com maior energia das ondas e sedimento tipicamente arenoso, até as praias estuarinas que são caracterizadas pela ausência ou a ação de ondas de pequena amplitude associada com sedimento tipicamente fino (BROWN e MCLACHLAN, 2002; JACKSON *et al.*, 2002; DEFEO e MCLACHLAN, 2005; DEFEO, 2013; JACKSON; NORDSTROM *et al.*, 2017). No caso das assembleias de peixes, há um padrão bem estabelecido que nas praias mais expostas são registradas menor riqueza de espécies, abundância e biomassa em relação as praias com menor hidrodinamismo (MCLACHLAN, 1990; MCLACHLAN e TURNER, 1994; BROWN e MCLACHLAN, 2002; DEFEO e MCLACHLAN, 2005).

Para a classificação das praias em relação ao seu grau morfodinâmicos um dos métodos utilizados é através da amplitude das marés com a altura média das arrebentação, é obtido o valor do regime das praias, que podem ser então classificado de acordo com o *Relative Tide Range* (RTR) (MASSELINK e SHOT, 1993). A partir do valor obtido as praias podem ser classificado em três tipos, que são: praias dominadas por ondas (RTR <3), praias dominadas por marés (RTR >10), e praias modificadas por marés (RTR 3 ≥10) (MASSELINK e SHOT, 1993), sendo essa classificação bastante importante, uma vez que inflênciã a estrutura da comunidade. Como características marcantes, as praias dominadas por ondas apresentam maior turbidez e substrato com grãos de areia mais grosso, e zona de arrebentação ocorre bem próxima à costa; as praias dominadas por marés têm como principal influenciador da sua dinâmica a amplitude das marés, apresentando um sedimento com predomínio de uma areia mais fina; já as praias modificadas por marés têm características intermediárias das duas praias, nesse caso, sendo influenciadas tanto pelas ondas como a amplitude das marés (MASSELINK e SHOT, 1993; MCLACHLAN; DEFEO *et al.*, 2018).

O estudo da diversidade funcional nesses ambientes ajuda, a esclarecer a relação organismo-ambiente por meio dos atributos das espécies, uma vez que os atributos podem explicar, ao mesmo tempo, a resposta individual aos fatores bióticos e abióticos, assim como os efeitos ecossistêmicos que tem essa resposta (DUMAY *et al.*, 2004; CADOTTE; CARSCADDEN *et al.*, 2011). Sendo necessário antes ter um prévio conhecimento específico sobre como determinados organismos interagem com seu ambiente, uns com os outros, e como

as características variam em gradientes ambientais, são essenciais para determinar características específicas a serem usadas. Esse conhecimento prévio pode vir de qualquer fonte, como conhecimento especializado, estudos observacionais de como as características são distribuídas em gradientes de variabilidade ambiental, estudos experimentais de interações entre espécies ou modelos teóricos de comunidades e ecossistemas (PETCHEY e GASTON, 2006).

A diversidade funcional trabalha com vários tipos de índices para medir as múltiplas características dos indivíduos ao longo do espaço dimensional, analisando um conjunto de características na qual as espécies e comunidades estão posicionadas, podendo ser usados aspectos como o ciclo de vida, dieta, reprodução e dispersão nos ecossistemas (MCGILL *et al.* 2006; PETCHEY e GASTON, 2006; VILLEGER; MASON *et al.*, 2008). Entre os índices usados, temos a Riqueza funcional (FRic), Uniformidade Funcional (FEve) e Redundância Funcional (FRed) (MCPHERSON; YEAGER *et al.*, 2017). A riqueza funcional mede o volume ocupado pelas espécies no espaço funcional, ou seja, quanto mais espécies funcionalmente diferentes maiores a chance de haver maior riqueza, levando em consideração o papel que cada espécie desempenha dentro da assembleia (MCPHERSON; YEAGER *et al.*, 2017; SANTOS; MAYES *et al.*, 2020); já a Uniformidade Funcional mede o quão bem as abundâncias das espécies estão distribuídas no espaço funcional: se as espécies funcionalmente distintas apresentarem abundâncias parecidas, será observado maior equitabilidade funcional; por outro lado, se espécies funcionalmente parecidas concentrarem a abundância e poucos indivíduos apresentam características distintas das espécies dominantes, então possuirá baixa uniformidade funcional (MCPHERSON; YEAGER *et al.*, 2017; SANTOS; MAYES *et al.*, 2020). Por fim, temos a Redundância Funcional que mede o quanto de traços há em comum dentro do espaço funcional, ou seja, quanto mais espécies com atributos que desempenham o mesmo papel funcional maior é a redundância funcional, enquanto menor redundância funcional quer dizer que pode haver espécies raras (MCPHERSON; YEAGER *et al.*, 2017). Além disso, podemos analisar a relação dos traços juntamente com as características do ambiente das praias através da RLQ (DOLÉDEC *et al.*, 1996; DRAY *et al.*, 2014), para saber quais características ambientais mais influencia os traços.

Dependendo dos traços que se prevalecem no local pode determinar o serviço ecossistêmicos do ambiente, e para isso que se utiliza o CWM (Community-Weighted Mean). Este índice só pode ser usado para avaliar características individualmente, tornando possível comparar quantitativamente categorias de características (LINDEN *et al.*, 2016).

Para calcular os índices da diversidade funcional se utiliza das características das espécies, podendo ser elas, morfológicas, fisiológica e história de vida (LINDEN *et al.*, 2016)

no caso dos peixes os mais usuais são os morfológicos, que geralmente são feita através da medição dos traços morfológicos, através dos diferentes traços biológicas das espécies (MCGILL *et al.*, 2006; CADOTTE; CARSCADDEN *et al.*, 2011). Por exemplo, o tipo de natação que os peixes desempenham está relacionado com o tamanho, forma, rigidez e tipo de movimentos das nadadeiras e do corpo (BLAKE, 1983;1997; LAUDER, 2015). Esses traços são bastante importantes para os indivíduos se estabelecerem nos habitats, como para fugir de predadores ou se alimentarem (WALKER, 2010; DESA e AIDI, 2013; FRIEDMAN *et al.*, 2020). Outro aspecto que podemos exemplificar é o tamanho do olho, que diretamente está relacionada com a captura das presas: peixes pelágicos tem uma acuidade visual eficiente, pois os valores de diâmetro ocular são relativamente mais altos, enquanto os que vivem no ambiente bentônico tem valores mais baixos (MOUILLOT; DUMAY *et al.*, 2007). Com isso, os estudos da diversidade funcional das assembleias de peixes das praias ganham destaque nos estudos na ecologia, uma vez que possuem uma biota bem característica associada a esse sistema (MCLACHLAN, DEFEO *et al.*, 2018).

O presente trabalho visa analisar a diversidade funcional das assembleias de peixes no gradiente formado por praias morfodinamicamente distintas (dominadas por ondas, dominadas por marés, e modificadas por marés). Nós usamos um conjunto de características funcionais para responder as seguintes questões: 1) A exposição das ondas afeta a diversidade funcional das assembleias de peixes? 2) Quais as principais variáveis ambientais explicam a variação da diversidade funcional entre as praias? Os resultados nos fornecem uma melhor compreensão do uso desses habitats costeiros rasos e os mecanismos que determinam a organização funcional das assembleias de peixes em praias tropicais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

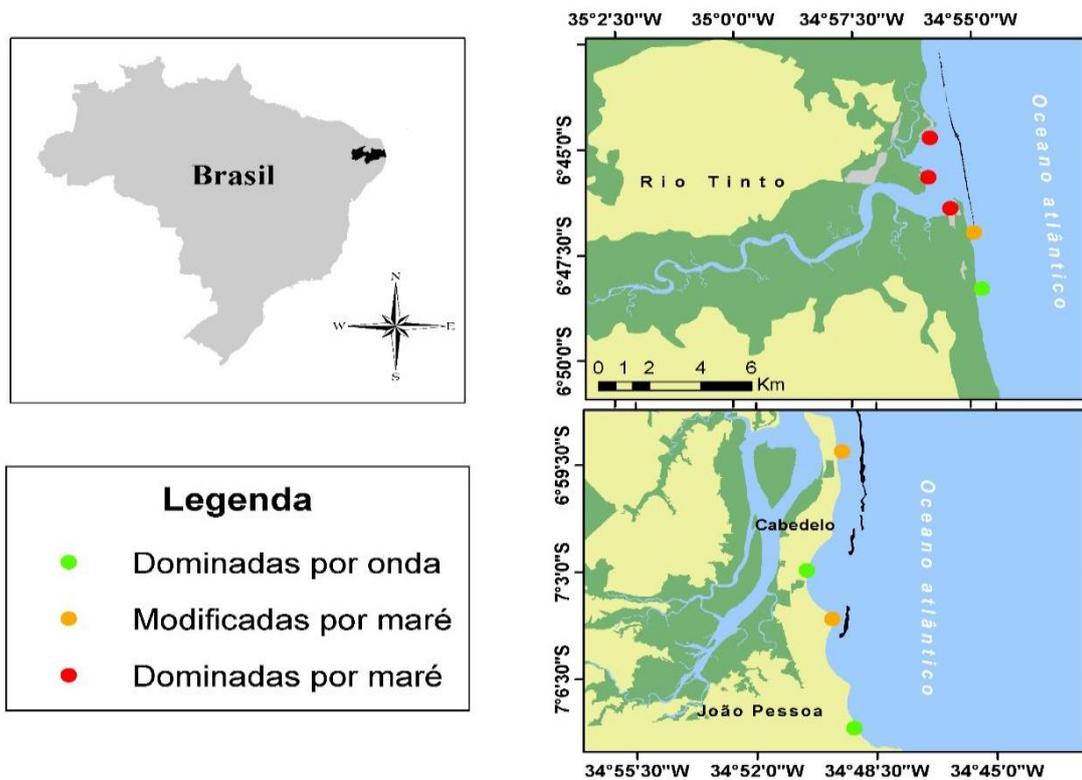
O litoral do estado da Paraíba tem aproximadamente 145 km de extensão (SHOT e KLEIN, 2016). As praias estão localizadas em três municípios: Rio Tinto, Cabedelo e João Pessoa (Figura 1). O clima da região é do tipo “AS” de Köppen-Geiger com temperatura média anual entre 24°C e 26°C, precipitação pluviométrica variando de 30 mm a 2000 mm por estação, apresentando as estações chuvosas entre os meses de fevereiro a julho e a estação seca entre os meses de agosto a janeiro (ALVARES *et al.*, 2014). Em relação a variação da maré, os valores foram obtidos tomando referência a baixa-mar média inferior (BMI), que foi de 2,8 m de

amplitude na maré alta e de $-0,1$ m de amplitude na maré baixa, apresentando um regime semi-maré semidiurno (SHOT e KLEIN, 2016). A extensão da área amostral ao longo da costa compreende 56,78 km, desde o município de João Pessoa até Rio Tinto.

Para o estudo, foram escolhidas nove praias (Figura 1) levando-se em consideração o seu morfodinamismo (grau de exposição), sendo classificadas como: dominadas por onda, dominadas por maré e modificadas por maré. Para essa classificação foi utilizado o *Relative Tide Range* (RTR), que leva em consideração a amplitude da maré e a altura de onda (MASSELINK e SHOT, 1993; SHORT, 2006; MCLACHLAN *et al.*, 2018).

As praias selecionadas para o estudo foram classificadas a priori, calculando seus valores de RTR segundo a fórmula: $RTR = TR/H_b$, onde TR = intervalo da maré cheia (m) e H_b = altura da quebra da onda (MASSELINK; SHORT, 1993; CALLIARI *et al.*, 2003). Assim, as praias de Cabo Branco, Intermares e Campina apresentaram o maior grau de exposição (RTR = 2.9, 2.75 e 2.85, respectivamente) e por isso foram classificadas como wave dominated (WD); as praias do Bessa, Formosa e Pontal apresentaram valores de RTR = 4.7, 9.38 e 8.73, respectivamente (tide modified – TM), enquanto que as praias Coqueirinho, Camurupim e Curva do Pontal foram classificadas como tide dominated (TD) pois apresentaram RTR = 20.63, 21.90 e 21.11, respectivamente (Figura 1).

Figura 1. Área de amostragem com indicações das praias e a sua classificação de acordo com o seu morfodinamismo. Praias dominadas por ondas em verde (Cabo Branco, Intermares e Campina), praias modificadas por maré em laranja (Bessa, Formosa e Pontal) as dominas por maré em vermelho. (Coqueirinho, Camurupim e Curva do Pontal).



Fonte: Autor.

As praias de Coqueirinho, Cumurupim, Curva do Pontal, Pontal e Campina encontram-se inseridas na Área de Proteção Ambiental (APA) de Barra de Mamanguape, com grande importância para a proteção de espécies marinhas ameaçadas, como é o caso do peixe-boi marinho *Trichechus manatus* (Linnaeus, 1758) (MOURÃO e NORDI, 2018). Por estarem inseridas ou próximas ao estuário, essas praias tem uma grande conexão com esses sistemas, servindo como local de fluxo de espécies migratórias que utilizam estes locais para reprodução, crescimento em alguma fase da vida, proteção contra predadores e alimentação. As praias de Cabo Branco, Bessa e Intermares estão localizadas dentro da proposta de criação da unidade de conservação, que é caracterizado por apresentar uma alta diversidade de macroalgas, recifes de corais e esponjas, que aumentam a heterogeneidade destes ambientes (SANTOS *et al.*, 2018). E por fim, Formosa se encontra próxima da foz do estuário do rio Paraíba da unidade de conservação do Parque Estadual de Areia Vermelha, recebendo influência do estuário e o do material alóctone provenientes dos recifes que se encontram no parque estadual (QUERINO *et al.*, 2011).

2.2 DESENHO AMOSTRAL

As amostras foram realizadas nas praias em diferentes anos (2011, 2012, 2015 e 2018). Os peixes foram coletados com auxílio de uma rede do tipo *beach seine* (comprimento total 11,5m x altura 1,5m; comprimento do saco 3m; malha das asas 5mm e do saco 25mm), arrastadas paralelamente ao longo das praias e com duração de três minutos para padronização, feito três arrastos, em alguns locais foram feitos cinco arrastos em vez de três, isso foi em decorrência da ausência de amostras que houve em alguns locais, em seguida aferido as variáveis ambientais (temperatura, profundidade, salinidade e transparência) e o tipo de sedimento predominante. Para a salinidade e temperatura (°C) com auxílio de um salinômetro e um termômetro de mercúrio, respectivamente, enquanto transparência (cm) e profundidade (cm) foram medidos através de um disco de *Secchi*.

Para verificar a altura das ondas, a amplitude da maré na zona de arrebentação foi mensurada através de uma trena. Para o tempo das ondas, foi contabilizado, com um auxílio de um cronômetro digital, quanto tempo a onda levava da sua formação até a sua quebra na praia.

2.3 PROCEDIMENTO EM LABORATÓRIO

Após a coleta, todos os indivíduos foram fixados em formol a 10%, depois acondicionados em álcool 70%. No laboratório, os exemplares foram identificados com o auxílio da literatura (FIGUEIREDO e MENEZES, 1978, 1980, 1985, 2000; MENEZES e FIGUEIREDO, 1980, 1985). Todos os indivíduos foram medidos o comprimento total (mm) e tiveram seu peso estimado (g).

A análise da granulometria foi feita através de combinação de peneiras com diferentes tamanhos, para saber os tamanhos de grão que se forma na praia, e descobrir qual sedimento se prevalece nos locais, através de um sistema de classificação, sendo, areia muito grossa, areia grossa, areia, areia fina, de lodo e argila com diferentes tamanhos de acordo com a percentagem do peso total da amostra (BROWN e MCLACHLAN, 1990).

2.4 SELEÇÃO DOS ATRIBUTOS

Ao todo foram mensurado 8 atributos funcionais (Apêndice 2), sendo usados para o cálculo dos índices da diversidade funcional, relacionado com o uso do habitat, locomoção e dieta (PESSANHA *et al.*, 2015; ROBERTS; STEWART e STRUTHERS, 2015; MINDEL *et al.*, 2016; VILLÉGER *et al.*, 2017; HENSELER *et al.*, 2019; FROESE e PAULY, 2021). Sendo

estes atributos dividido em 4 traços categóricos: Dieta, Habitat, Formato do Corpo (FC), Formato da Nadadeira Caudal (FNC), e 4 traços contínuos (utilizando a morfologia do indivíduo): Índice de Compressão (IC), Altura Relativa (AR), Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal (ICPC), Aspecto da Relação da Nadadeira Peitoral (ARNP), Posição Relativa dos Olhos (PRO) (Apêndice 2). Todos os valores dos traços contínuos foram obtidos através da média dos valores, sendo seus traços morfológicos medidos com o auxílio de um paquímetro digital (precisão de 0,1 mm).

2.5 ANÁLISE DE DADOS

Para verificar as diferenças espaciais na composição das assembleias de peixes foi usada uma Análise Permutacional Multivariada de Variância (PERMANOVA) com 9999 permutações entre os diferentes tipos de exposição com os seguintes fatores fixos: Dominado por Maré (TD), Modificado por Maré (MT) e Dominado por Onda (WD). O mesmo se fez para as variáveis ambientais. Foi feito uma análise gráfica de draftsman plot e uma matriz de correlação de Spearman (correlação $r > 0,7$), para avaliar se havia correlação entre as variáveis ambientais. Em seguida os dados de abundância dos peixes e das variáveis ambientais foram transformados em $\log(x+1)$, com exceção dos dados de sedimento que foram transformados em arcoseno. Após a transformação foi construída uma matriz de similaridade usando a distância Euclidiana, para as variáveis ambientais. Para as variáveis que apresentaram diferenças significativas foi realizada um teste *pair-wise*. Todas as análises foram feitas através dos programas Primer6 + PERMANOVA (ANDERSON *et al.*, 2008).

Para a diversidade Funcional, foram testados quanto à normalidade e homocedasticidade em seguida calculados a Riqueza Funcional (FRich), Uniformidade Funcional (FEve) e Redundância Funcional (FRed) e o CWM (“Community Weighted Mean”), para saber quais traços foram mais predominantes em cada praias. Para o cálculo da FRed, os valores foram subtraído da diversidade de Simpson da entropia quadrática de Rao, ambos pelo pacote SYNCSA no R, através da função “*rao.diversity*” (RAO, 1982; DE BELLO *et al.*, 2007; PILLAR *et al.*, 2013). A diversidade funcional foi calculado através da função multidim FD (MOUILLOT *et al.*, 2014). Em seguida foram realizados os testes de Kruskal-Wallis e Dunn para verificar se houve diferenças significativas espaciais, a partir do programa estatístico R 4.0.1 e seu pacote —PMCMRl (POHLERT e POHLERT, 2018; THE R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2009).

Para verificar a relação entre as variáveis ambientais e os atributos funcionais, foi usado uma RLQ (DOLÉDEC *et al.*, 1996). Essa análise permite a relação entre as características

funcionais das espécies e a estrutura do habitat, através de três tabelas: uma tabela de características de espécies (Q), uma tabela de dados ambiental (R) e uma de abundância das espécies ou dados de presença/ausência (L) que é usado com a interação entre Q e R (DOLÉDEC *et al.*, 1996). Através dos pacotes *ade4*, *vegan* e *adegraphics* do R (DRAY e DUFOUR, 2007; OKSANEN *et al.*, 2020; SIBERCHICOT *et al.*, 2017).

3 RESULTADOS

3.1 VARIÁVEIS AMBIENTAIS

O resultado da PERMANOVA apresentou diferenças significativas entre as variáveis ambientais de acordo com o grau de exposição das praias (Pseudo- $F_{2,257}=20,329$; $p=0,0001$). As análises dos valores das variáveis ambientais evidenciaram que praias dominadas por maré (TD) obtiveram os menores valores em relação ao tempo de onda, altura de onda e salinidade, enquanto o inverso foi registrado nas praias dominadas por onda (WD) (Tabela 1). Transparência e profundidade foram maiores nas praias modificadas por maré (TM). Para o sedimento, somente areia grossa apresentou diferenças entre as praias TD e TM (Tabela 1). Essas diferenças foram evidenciadas pela PERMANOVA multivariada (Tabela 1).

3.2 COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DA ICTIOFAUNA NAS PRAIAS

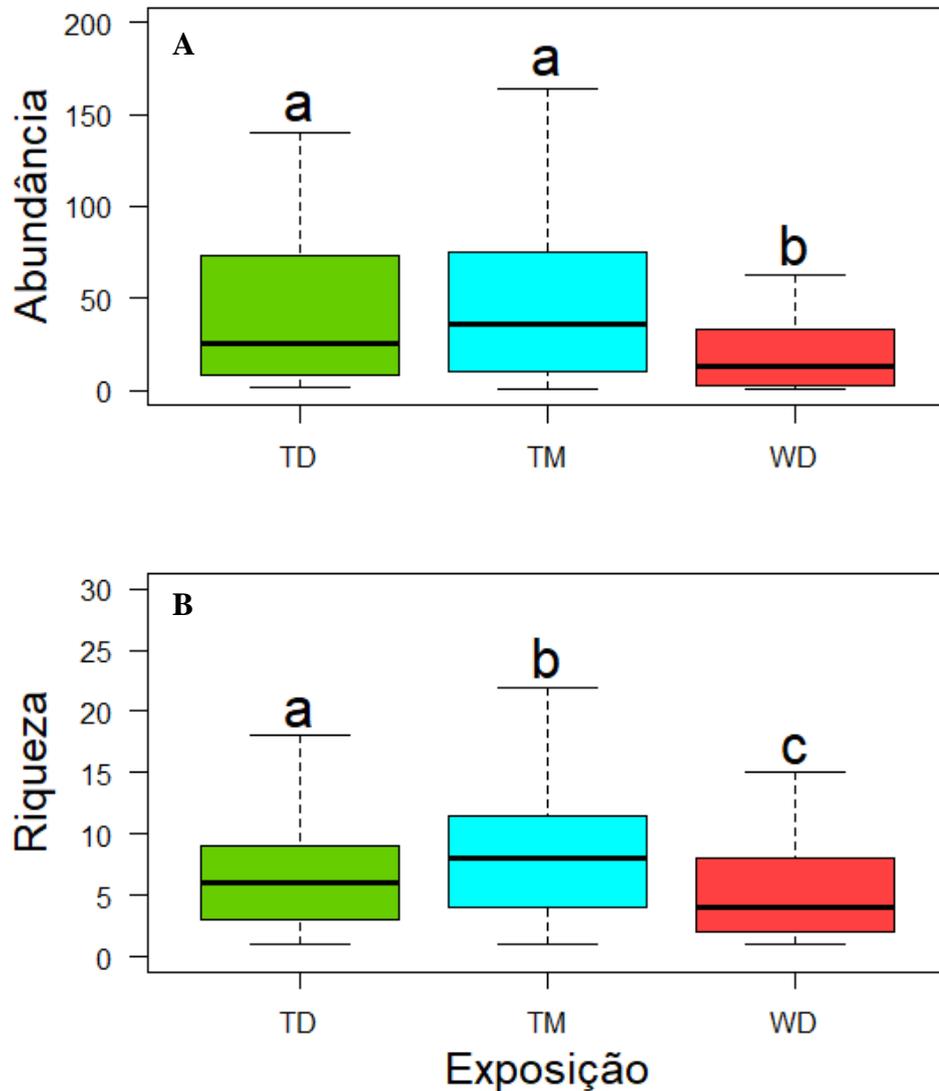
A ictiofauna das praias estudadas apresentou um total de 14,210 indivíduos, pertencentes a 118 espécies de peixes, englobados em 76 gêneros e 39 famílias. O número de espécies também variou significativamente entre as praias sendo registradas 80 espécies em TD, 83 em TM, e 63 em WD. As famílias com maior número de espécies foram: Engraulidae (11 espécies), Carangidae (7), Haemulidae (11) e Sciaenidae (13) (Apêndice 1). O número de espécies exclusivas em cada praia também foi bem diferente: em TD foram registradas 17 espécies, em TM foram 18, e em WD somente 9 espécies. As maiores médias das abundâncias numéricas foram registradas em TD e TM em relação a WD ($75,41\pm 15,7$; $57,52\pm 8,13$; $25,70\pm 4,08$, respectivamente), esse mesmo padrão também foi obtido para a riqueza, sendo maior nas praias TM, em seguida as TD em relação as WD ($8,27\pm 0,57$; $6,58\pm 0,44$; $4,99\pm 0,41$, respectivamente) sendo essas diferenças significativas de acordo com o teste de *pair-wise* entre os tipos de praias (Figura 2).

Tabela 1. Valores de médias e erros padrão das variáveis ambientais, em cada tipo-estado praial, nas diferentes praias amostradas no litoral da Paraíba, Nordeste do Brasil: TD – Praias dominadas por marés; TM – Praias modificadas por marés; WD – Praias dominadas por ondas. NS - não significativo. Valores da PERMANOVA e do pair-wise são apresentados à direita da tabela. *= $p < 0,05$.

Variáveis Ambientais	Tipos de Praias			PERMANOVA	
	(TD)	(TM)	(WD)	Pseudo- F	Post-hoc
Físicas e Químicas					
Temperatura (°C)	28,95 ± 0,17	29,18 ± 0,25	29,00 ± 0,23	0,272	NS
Salinidade	28,20 ± 0,88	33,02 ± 0,25	34,60 ± 0,55	11,96 *	TM=WD>TD
Transparência (cm)	46,94 ± 2,08	65,72 ± 3,67	29,41 ± 2,14	53,208 *	TM> TD> WD
Profundidade (cm)	70,78 ± 2,88	94,22 ± 3,57	69,80 ± 2,60	18,226 *	TM> TD=WD
Morfodinâmica					
Tempo da onda (s)	11,94 ± 0,52	17,70 ± 1,46	25,24 ± 1,86	21,843 *	WD> TM > TD
Altura da onda (cm)	6,41 ± 0,42	22,63 ± 2,42	83,76 ± 2,80	143,85 *	WD> TM > TD
Areia grossa (%)	38,34 ± 1,74	29,85 ± 2,51	34,32 ± 2,86	3,2804*	TD>TM=WD
Areia média (%)	30,23 ± 1,54	25,94 ± 1,75	25,74 ± 1,83	2,4228	NS
Areia fina (%)	19,70 ± 1,51	19,30 ± 1,43	16,79 ± 1,58	1,0593	NS

Fonte: Autor.

Figura 2. Variação espacial da abundância numérica (nº de indivíduos) e riqueza em cada tipo-estado praial, nas diferentes praias amostradas no litoral da Paraíba, Nordeste do Brasil: TD – Praias dominadas por marés; TM – Praias modificadas por marés; WD – Praias dominadas por ondas. As linhas em negrito representam as medianas e amplitude das linhas indicam as maiores e menores observações. As caixas, de cada gráfico, com letras iguais não são significativamente diferentes entre os tipos-estados praiais, pelo teste *pair-wise*.



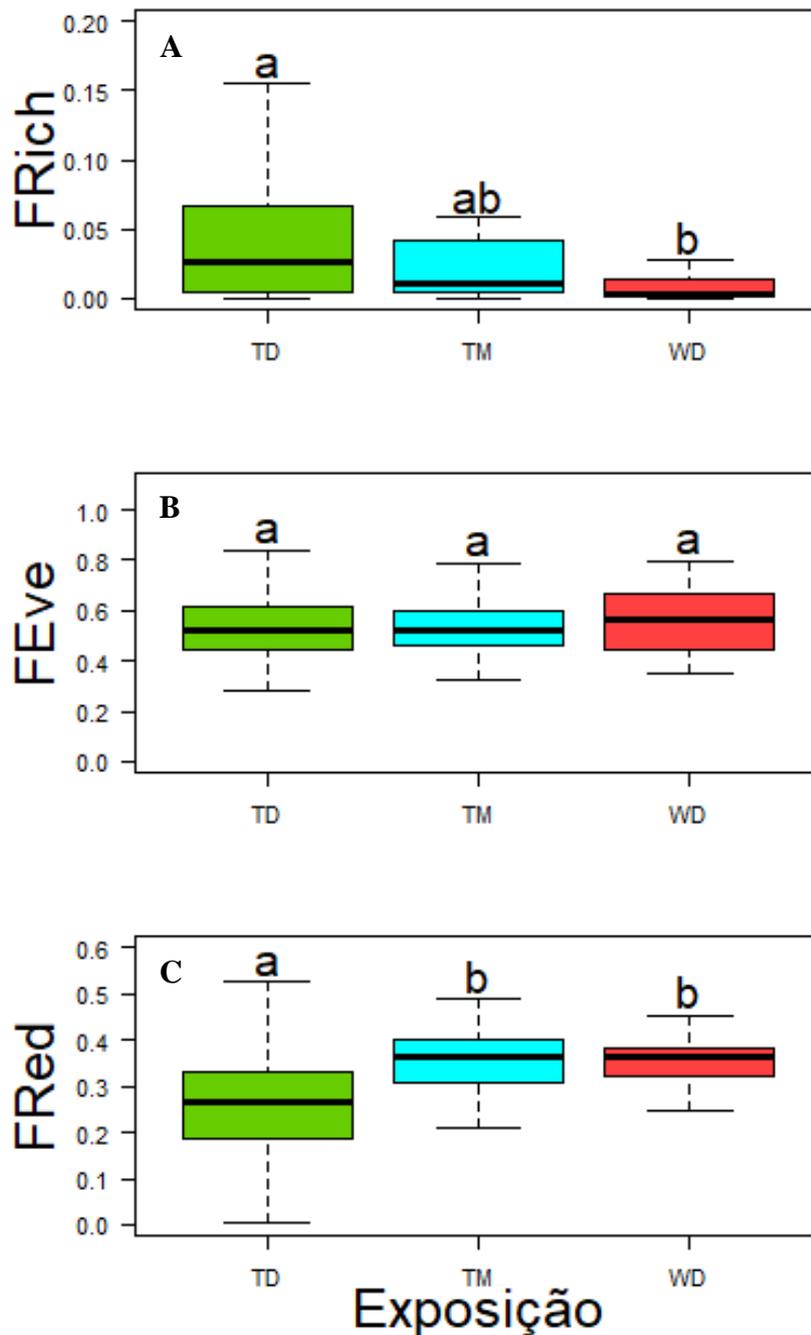
Fonte: Autor.

3.3 DIVERSIDADE FUNCIONAL

Os resultados da diversidade funcional diferiu significativamente entre os tipos morfodinâmicos (FRich: $H=14.447$, $p < 0,0001$; Fred: $H=30.732$, $p < 0,0001$), com exceção da uniformidade funcional (FEve; $H= 1.6434$, $p=0,4397$) (Figura 3). Os maiores valores da riqueza funcional (FRich) foram registradas nas praias TD ($0,04 \pm 0,01$) e os menores nas praias WD ($0,01 \pm 0,00$), enquanto as praias TM tiveram características intermediárias entre as duas

praias ($0,02 \pm 0,00$). Já a redundância funcional (FRed) apresentou os menores valores nas praias TD ($0,23 \pm 0,01$). Todos os testes foram feitos a partir do teste de post-hoc ($p < 0,05$).

Figura 3. Box-plot da variação espacial das variáveis de riqueza funcional (FRich), uniformidade funcional (FEve) e redundância funcional (FRed), em cada tipo-estado praias, nas diferentes praias amostradas no litoral da Paraíba, Nordeste do Brasil: TD – Praias domindas por marés; TM – Praias modificadas por marés; WD – Praias domindas por ondas. As linhas negritas representam as medianas e amplitude das linhas indicam as maiores e menores observações. As caixas, de cada gráfico, com letras iguais não são significativamente diferentes entre os tipos-estados praias, pelo teste pair-wise.



Fonte: Autor.

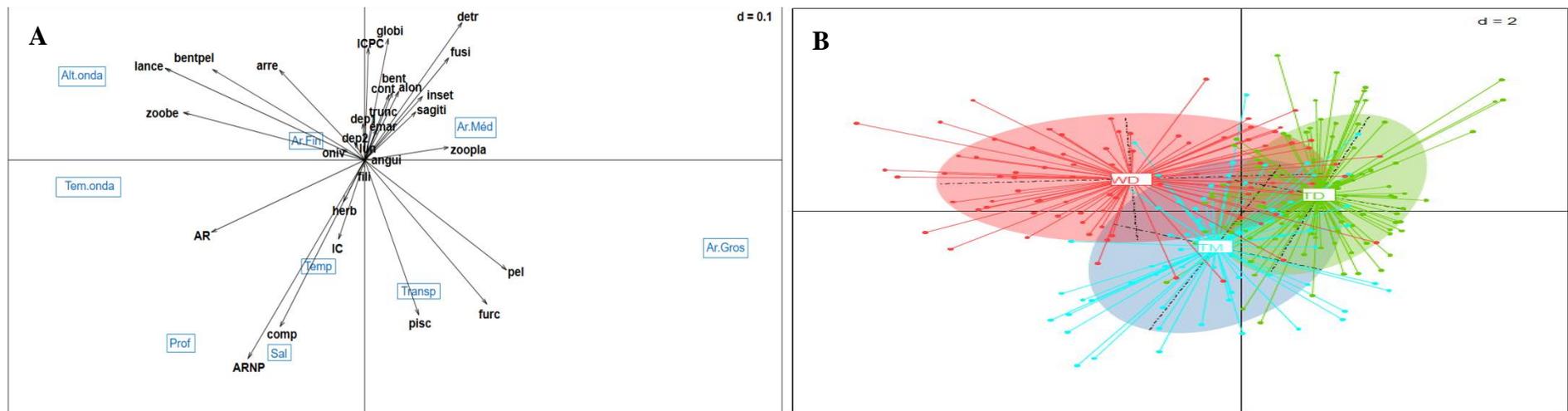
Através do CWM as categorias que se destacaram significativamente na comunidade, foram: as dietas piscívora, zoobentívora e zooplactívora; para o uso do habitat destacamos o uso bentopelágico e pelágico, enquanto para o formato do corpo se destacou o corpo compressiforme; já para os traços contínuos apresentaram maiores valores o índice de compressão (IC), o índice de compressão do pedúnculo caudal (ICPC), e o aspecto da relação da nadadeira peitoral (ARNt) (Apêndice 3). A comparação dos valores indicou que os traços variaram significativamente entre as praias, com exceção dos detritívoros, bentopelágico, pelágico, anguiliforme, fusiforme, arredondada, furcada, IC, ICPC (Apêndice 3). Através do teste de post-hoc observou que as praias TM, na maioria das vezes tinha características de traços comum entre as outras duas praias (TD e WD), ou seja, não havendo diferença entre os traços (Anexo 3). As praias TM compartilham com as TD os traços nsetívoro, Zoobentívoro, Zooplactívoro, Filiforme, Sagitifforme e ARNp. Já com as praias WD, os traços são: Alongado, Depressiforme 1, Globiforme, Continua e Lanceolada. Enquanto as características de traços em comum encontrado nas praias WD e TD, foram: Herbívoro, Piscívoro e Depressiforme 2 (Apêndice 3).

3.4 CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS E OS ATRIBUTOS FUNCIONAIS

Os eixos da RLQ evidenciaram uma separação entre os três tipos morfodinâmicos de praias, sendo que os dois principais eixos da RLQ explicaram 75,13% da coinerchia, sendo que o RLQ 1 explicou 59,42% e o RLQ2 17,46%, respectivamente (Figura 4). As variáveis ambientais que apresentaram correlações significativamente com as praias WD foram: Areia fina, Altura de onda e Tempo de onda, enquanto profundidade, salinidade, temperatura e transparência foram as ambientais que mais representou significativamente nas TM, já nas WD as que mais tiverem significância, foi: areia grossa (Tabela 2, Figura 4).

Os traços que foram associados com as praias WD foram nadadeiras caudais arredondadas e lanceoladas, ICPC (índice de comprimento do pedúnculo caudal), espécies com dieta zoobentívora, habitat bentopelágico e formato do corpo globiforme (Figura 4). Nas praias TD os traços associados com esse tipo de ambiente foram o formato do corpo fusiforme e com dieta detritívora (Figura 4). Paras as praias TM foi observado que os traços que são mais representativos, foram: dieta piscívora, habitat pelágico, com nadadeira caudal furcada (Tabela 3, Figura 4).

Figura 4. Análise da RLQ entre os traços funcionais das espécies com as variáveis ambientais (A) associadas em cada tipo-estado praial (B), nas diferentes praias amostradas no litoral da Paraíba, Nordeste do Brasil: TD – Praias dominadas por marés; TM – Praias modificadas por marés; WD – Praias dominadas por ondas. Abreviações: Dieta; detr (Detritívoro), herb (Herbívoro), inset (Insetívoro), oniv (Onívoro), pisc (Piscívoro), zoobe (Zoobentívoro), zoopla (Zooplactívoro), Habitats; bent (Bentônico), bentpel (Bentopelágico), pel (Pelágico), morfológicos; alon (Alongado), angui(Anguiliforme), comp (Compressiforme), dep 1 (Depressiforme1), dep 2 (Depressiforme 2), fili (Filiforme), fusi (Fusiforme), globi (Globiforme), sagiti (Sagitiforme), arre (Arredondada), cont (Continua), emar (Emarginada), furc (Furcada), lance (Lanceolada), lun (Lunada), trunc (Truncada), IC (índice de Compressão), AR (Altura Relativa), ICPC (Índice do Comprimento do Pendúnculo Caudal), ARNp (Altura Relativa da Nadadeira Peitoral).



Fonte: Autor.

Tabela 2. Valores das variáveis ambientais através da RLQ. temp (temperatura), sal (salinidade), transp. (transparência), prof (profundidade), temp.onda (tempo de onda), alt.onda (altura da onda), ar.gros (areia grossa), ar,méd (areia média), ar.fina (areia fina).

Ambientais	Eixo 1
Temp	-0.0848
Sal	-0.15029
Transp	0.089439
Prof	-0.31755
Temp.onda	-0.4828
Alt.onda	-0.488
Ar.Gros	0.590639
Ar.Méd	0.171967
Ar.Fin	-0.10824

Fonte: Autor.

Tabela 3. Valores das correlações dos traços através da RLQ. Dieta; detr (Detritívoro), herb (Herbívoro), inset (Insetívoro), oniv (Onívoro), pisc (Piscívoro), zoobe (Zoobentívoro), zoopla (Zooplactívoro), Habitats; bent (Bentônico), bentpel (Bentopelágico), pel (Pelágico), morfológicos; alon (Alongado), angui(Anguiforme), comp (Compressiforme), dep 1 (Depressiforme1), dep 2 (Depressiforme 2), fili (Filiforme), fusi (Fusiforme), globi (Globiforme), sagiti (Sagitiforme), arre (Arredondada), cont (Continua), emar (Emarginada), furc (Furcada), lance (Lanceolada), lun (Lunada), trunc (Truncada), IC (índice de Compressão), AR (Altura Relativa), ICPC (Índice do Comprimento do Pendúnculo Caudal), ARNp (Altura Relativa da Nadadeira Peitoral).

Traços	Eixo 1	Traços	Eixo 1	Traços	Eixo 1
detr	0.208317	alon	0.073779	cont	0.060508
herb	-0.04443	angui	0.009064	emar	0.027046
inset	0.12388	comp	-0.17883	furc	0.261285
oniv	-0.04927	dep1	-0.0031	lance	-0.42473
pisc	0.115691	dep2	-0.02125	lun	0.000616
zoobe	-0.3861	fili	-0.00101	trunc	0.02168
zoopla	0.180387	fusi	0.180779	IC	-0.05516
bent	0.053073	globi	0.050412	AR	-0.32591
bentpel	-0.32395	sagiti	0.110206	ICPC	0.008109
pel	0.303352	arre	-0.18104	ARNP	-0.24722

Fonte: Autor.

4 DISCUSSÃO

Os resultados apontaram que as diversidades funcional e a composição da ictiofauna nas praias estudadas foram diferentes, sempre com indicações de maiores valores nas praias TD e TM do que nas praias WD. A variação sugere a influência da exposição das ondas sobre as assembleias de peixes, corroborando os resultados dos estudos realizados nesse tipo de ambientes costeiros rasos (PATTRICK e TRYDOM, 2014; OLDS *et al.*, 2017). A teoria ecológica indica que praias protegidas ou parcialmente protegidas da ação do hidrodinamismo, como TD ou TM, permitem que as larvas e os peixes juvenis utilizem esses habitats para conseguir os recursos alimentares, proteger de predadores e crescerem nas águas mais rasas e calmas. Por essas características as praias têm sido consideradas áreas de berçário para diversas espécies de peixes (TATEMATSU *et al.*, 2014; OLIVEIRA e PESSANHA, 2014; OLDS *et al.*, 2017).

Outro aspecto que contribui para essas diferenças entre as praias é a proximidade com os estuários. Olds *et al.* (2017) aponta para a importância dessa conectividade espacial entre praias e outros ecossistemas costeiros adjacentes para o recrutamento, afetando a abundância e a riqueza de espécies. No nosso estudo, as maiores riquezas funcionais e de espécies, juntamente com a abundâncias nas praias TM e TD podem estar refletindo a conectividade espacial que ocorre entre os diferentes tipos de sistemas. Vargas-Fonseca *et al.* (2016) observaram que praias próximas ao estuário tem uma maior abundância em relação as que não tem esse tipo de conexão. Adicionalmente, os estuários por serem locais com a presença de múltiplos habitats (ex.: banco de fanerógramas, banco de lamas, mangue) promovem uma maior heterogeneidade (VASCONCELO *et al.*, 2015; OLDS *et al.*, 2017), aumentando o número de nichos que podem ser explorados pelas espécies de peixes (TITTENSOR *et al.*, 2010; MOSMAM *et al.*, 2020). Isso garante uma maior diversidade de peixes nesses ambientes, como apontados nos estudos de Henderson *et al.*, 2022 e Ortodossi *et al.*, 2019, que analisaram essa questão da conectividade espacial.

Os maiores valores de redundância funcional registradas nas praias TD e WD também estão associados aos distúrbios nesse tipo de praia que influencia na menor riqueza de espécies. Segundo Teichert *et al.* (2017), o menor número de espécies registradas em ambientes de grande distúrbios tendem a expressar traços funcionais singulares que garantem a maior redundância. Autores como Micheli e Halperni (2005) apontam que a resiliência de comunidades biológicas frente aos distúrbios garante um número de traços robustos, e com isso uma maior redundância.

Portanto, quanto menor o número de atributos ou que desempenham função similares, maior sua redundância funcional (CALAÇA e GRELE, 2016). Dessa forma, algumas espécies persistentes e abundantes nas praias WD e TM, como *Trachinotus carolinus*, *Menticirrhus littoralis*, ou ainda que foram registradas nesse local como *Odontognathus mucronatus*, *Acanthurus bahianus* contribuíram para essa maior redundância, pela sua maior dominância ao corpo compressiforme. Nesse caso, essas espécies possuem a dieta zoobentívora e do formato do corpo compressiforme, que foram traços funcionais significativos nesses ambientes apontados pelo CWM. Esses traços são importantes para captura do alimento e natação em ambientes com alta exposição e ondas para essas espécies (HENDERSON *et al.*, 2020). Contrariamente, os menores valores da redundância nas praias TD indicam que um número maior de espécies compartilham funções semelhantes. Esse modelo pode ser um reflexo da maior riqueza de espécies e dessa proximidade das praias aos estuários, que são reconhecidamente ecossistemas com baixa redundância funcional (TEICHERT *et al.*, 2017; WHITFIELD e HARRISON 2020).

O primeiro eixo da RLQ está ordenado de acordo com grau de hidrodinamismo, com as praias WD plotadas do lado esquerdo em função das variáveis ambientais da altura e tempo de onda, enquanto as que são mais influenciadas pelas marés no lado esquerdo (TM e TD), com maiores correlações com o tipo de sedimento (areia grossa e média). Alguns traços também estão relacionados com cada uma dessas praias. No caso de WD, houve maior correção das espécies com uma dieta zoobentívora em decorrência da abundância das espécies das famílias Carangidae (por exemplo, *Caranx latus*, *Selene vômer*, *Trachinotus carolinus* e *Trachinotus goodei*), Haemulidae (*Conodon nobilis*, *Haemulon aurolineatum* e *Haemulopsis corvinaeformis*), Sciaenidae (*Menticirrhus littoralis*, *Stellifer naso*, *Stellifer rastrifer* e *Stellifer stellifer*). Alguns autores apontam uma grande disponibilidade de organismos bentônicos junto ao sedimento nessas praias (MCLACHLAN, DEFEO *et al.*, 2018; LIRA *et al.*, 2019; VELASCO-REYES *et al.*, 2022), que são disponibilizados para peixes graças a ação das ondas (LASTRA *et al.*, 2007); outros autores destacam a influência das algas arribadas para as espécies de peixes zoobentívoros, já que fornecem grande quantidade de recursos alimentares (principalmente anfípodas), que são muito utilizados na dieta dos juvenis que recrutam nesse local (OLDS *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2018). Outros traços funcionais de destaque estão relacionados com a capacidade e desempenho natatório, com destaque para os traços das nadadeiras caudais de formato lanceolado e arredondado, e também o ICPC. Esses traços estão presentes em espécies das famílias Diodontidae (por exemplo, *Chilomycterus antennatus*,

Chilomycterus antillarum e *Chilomycterus spinosus spinosu*), Cyclopsettidae (*Citharichthys arenaceus*, *Citharichthys macrops* e *Citharichthys spilopterus*), Paralichthyidae (*Etropus crossotus* e *Syacium micrurum*), Sciaenidae (*Ophioscion punctatissimus*, *Stellifer brasiliensis*, *Stellifer micros*, *Stellifer naso* e *Stellifer rastrifer*) que foram registradas nesse ambiente. Os formatos da nadadeira caudal lanceolada e arredondada possuem raios mais flexíveis, que são eficientes para manter a aceleração e a velocidade da natação em ambientes dinâmicos (KIKUCHI *et al.* 2014). Esses formatos também tem alta eficiência para manobrabilidade e permitem ajustes finos de posição na coluna d'água em ambientes turbulentos (BREDA *et al.* 2005; LAUDER, 2015), permitindo movimentos que ajudem por exemplo na captura das presas (PALMEIRA e NETO, 2010).

Um maior número de traços funcionais na RLQ apresentaram associações com as praias TD devido a maior riqueza de espécies, em especial àqueles traços relacionados com a dieta, uso do habitat e o formato do corpo que foram importantes para a separação desse tipo de praia. Por exemplo, a dieta detritívora relacionada com os representantes da família Mugilidae (*Mugil liza*, *Mugil curema* e *Mugil hospes*) é favorecida pelas extensas planícies lamosas ricas em diatomáceas, foraminíferos e ostracodas, que são os principais itens na dieta dessas espécies (SHERVETTE *et al.*, 2007; CARVALHO, CORNETA *et al.*, 2007). Um estudo realizado no estuário do rio Mamanguape (PB) descreveu a importância desse tipo de ambiente para Mugilidade, devido a grande abundância de microfítobentos que desenvolvem sob o substrato lamoso (FIGUEREDO e PESSANHA, 2015). Essas espécies detritívoras exercem um papel na rota do fluxo de energia, pois desempenham um importante elo entre produtores e consumidores secundários (TAYLOR, FLECKER *et al.*, 2006). Outro destaque foi o traço funcional relacionado com a dieta zooplânctívoras, representado nesse trabalho principalmente pela alta abundância de juvenis de Clupeidae e Engraulidae. As espécies dessas famílias são pelágicas, formam grandes cardumes, e tem como principal item na dieta os organismos do zooplâncton (QUAH *et al.*, 2022). Como a disponibilidade e a maior abundância do zooplâncton ocorrem em praias mais protegidas (STERZA e FERNANDES, 2006; COSTA, PEREIRA *et al.*, 2008), os juvenis das espécies encontram alta disponibilidade desses recursos alimentares para serem ingeridos e assim otimizarem seu crescimento (DEFEO *et al.* 2009; OLDS *et al.* 2018). Estudos da dieta de juvenis de diversas espécies nas mesmas praias TD encontraram que a guilda de zooplânctívoros apresentou grande destaque ao longo de todo o período dos estudos (MACÁRIO *et al.*, 2021).

Os formatos do corpo fusiforme e sagitiforme foram traços funcionais que apresentaram correlações com as praias TD. Os formatos dos corpos são importantes para a aquisição de recursos alimentares, para escapar de predadores e também para fazer deslocamentos para outros habitats estuarinos durante o ciclo de vida das espécies (WALKER, 2010; DESA e AIDI, 2013; FRIEDMAN, *et al.*, 2020). No caso das espécies que possuem o formato do corpo sagitiforme, como os representantes *Strongylura timucu* e *Hyporhamphus unifasciatus*, um corpo extremamente alongado facilita a natação no ambiente pelágico para a captura de suas presas de forma rápida (MCBRIDE e THURMAN, 2003; MCBRIDE, STYER *et al.*, 2003; HIROTA, ASAOKA *et al.*, 2014). No caso da primeira espécie suas principais presas são os peixes, enquanto a segunda tem sido classificada como herbívora e insetívora (TIBBETTS e CARSELDINE, 2005; DAY, GERMAN *et al.*, 2011). Para os peixes que possuem o traço do formato do corpo fusiforme, há uma associação desse formato com uma natação contínua e uma movimentação mais rápida na coluna d'água. No caso daquelas espécies que formam cardumes, ainda há um aumento na eficiência da natação e uma diminuição no gasto energético (HEMELRIJK *et al.*, 2015).

É importante destacar que espécies da família Gobiidae (*Gobionellus stomatus*, *Bathygobius soporator*, *Ctenogobius smaragdus*, *C. boleosoma*) também foram abundante nas praias TD, e relacionadas principalmente com o traço do uso do habitat bentônico. Essas espécies são geralmente de pequeno porte que estão associadas ao substrato, pois possuem amplo espectro trófico com itens da dieta diretamente relacionadas com presas presentes no domínio do Bentos (Diatomáceas, Harpacticoida, Nematoda, Decapoda) (MENEZES e FIGUEREDO, 1985; OOI, CHONG, 2011; AGUILLO, HAROLD *et al.*, 2014), e ainda as fêmeas colocam os ovos aderidos ao substrato por uma haste adesiva durante a reprodução (YEUNG e RUPLE, 2005).

As praias TM no diagrama de ordenação da RLQ apresentou como traços mais representativos a dieta piscívora, habitat pelágico, nadadeira caudal furcada, além de alguns traços morfológicos (AR, ARNP, e IC). Como essas praias apresentaram correlações com profundidade e transparência, que condiciona um habitat que favorece a utilização pelos piscívoros das famílias Lutjanidae (*Lutjanus analis* e *Lutjanus synagris*) e Sciaenidae (*Stellifer rastrifer*, *Stellifer stellifer*, *Menticirrhus littoralis*, *Stellifer naso* e *Larimus breviceps*). Nesse caso a nadadeira caudal furcada está ligada com uma melhor velocidade de natação na coluna d'água para captura de presas (LI, ZHU *et al.*, 2012), melhor manobrabilidade nas nadadeiras peitorais (ARNP), além de maiores IC e AR que ajudam um melhor deslocamento vertical

(características bem comuns em peixes com o formato do corpo compressiforme). Nesse caso ainda merecem destaque espécies das famílias Carangidae (*Caranx latus*, *Trachinotus goodei* e *Trachinotus carolinus*), Gerreidae (*Ulaema lefroyi* e *Eucinostomus argenteus*) e Haemulidae (*Haemulon steindachneri*, *Conodon nobilis* e *Haemulopsis corvinaeformis*), que também foram abundantes nessa praia e tem esses traços como característicos para explorar esse ambiente.

Como conclusão, os resultados apontaram que os traços funcionais, juntamente com a composição das assembleias de peixes, são influenciados pela morfodinâmica das praias. Dessa forma podemos observar que altura e o tempo de onda impõe um forte filtro ambiental sobre as assembleias de peixes. Além disso, os resultados também apontam que as praias próximas a sistemas costeiros adjacentes tem uma maior riqueza de espécies, evidenciando a importância da conectividade para garantir também essas diferenças na diversidade funcional. Os resultados da diversidade funcional destacam que as praias estuarinas devem ter uma maior atenção, uma vez que estão mais suscetíveis a perda de função, pela ocorrência de espécies únicas que são encontrado nesses locais. Mesmo que as praias WD e TM, seja menos suscetíveis a perda de função pela sua alta redundância, pois se houver uma grande perturbação a assembleia consegue se recuperar, porem se for em excesso pode haver perda de indivíduos e funções ecológicas. Por fim, para uma melhor compreensão e esclarecimento da distribuição e uso do habitat costeiros pelos peixes juvenis, estudos futuros devem levar em consideração a sazonalidade, além de outros parâmetros ambientais que podem estar influenciando essas assembleias nas áreas tropicais.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J.L.; SENTELHA, P. C; GONÇALVES.J.L.M. SPAROVEK.G. Mapa de classificação climática de Köppen para o Brasil. **Meteorologische Zeitschrift** , v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANDERSON, M. J.; GORLEY, R. N.; CLARKE, K. R. PERMANOVA β for PRIMER: **Guide to Plymouth. Software and Statistical Methods**, University of Auckland Primary, 2008.

ATEMATSU, S.; USUI, S., KANAI, T.; TANAKA, Y., HYAKUNARI, W.; KANEKO, S.,KANOU K.; SANO, M. Influence of artificial headlands on fish assemblage structure in the surf zone of a sandy beach, Kashimanada Coast, Ibaraki Prefecture, central Japan. **Fisheries Science**, v.80, n.3, p. 555-568, 2014.

BLAKE, ROBERT W. **Fish locomotion**. CUP Archive, 1983.

BREDA, L.; DE OLIVEIRA, E. F.; GOULART, E. Ecomorfologia de locomoção de peixes com enfoque para espécies neotropicais. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v.27,n. 4, p.371-381, 2005.

BROWN, A. C., MCLACHLAN, A. Sandy shore ecosystems and the threats facing them: some predictions for the year 2025. **Environmental Conservation**, v.29, n. 1, p.62-77, 2002.

BROWN, A. C.; MCLACHLAN, A. **The ecology of sandy shores**. Elsevier, 2010.

CADOTTE, M. W.; CARSCADDEN, K.; MIROTCHEV, N. Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. **Journal of Applied Ecology**, v.48, n.5, p.1079-1087, 2011.

CALAÇA, A. M.; GRELE, C. E. V. Diversidade funcional de comunidades: Discussões conceituais e importantes avanços metodológicos. **Oecologia Australis**, v.20, n.04, p.401-416, 2016.

CALLIARI, L., MUEHC, D.; HOEFEL, F. G.; TOLDO, J. E. Morfodinâmica praias: uma breve revisão. **Revista Brasileira de Oceanografia**, n.51, v. ÚNICO, p. 63-78,2003.

CARVALHO, C. D. D., CORNETA, C. M.; UIEDA, V. S. Schooling behavior of *Mugil curema* (Perciformes: Mugilidae) in an estuary in southeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v.5, n.1, p.81-83,2007.

DA COSTA, K. G.; PEREIRA, L. C. C.; DA COSTA, R. M. Short and long-term temporal variation of the zooplankton in a tropical estuary (Amazon region, Brazil). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais**, n.3, v.2, p.127-141, 2008.

D'AGUILLO, M. C.; HAROLD, A. S., DARDEN, T. L. Diet composition and feeding ecology of the naked goby *Gobiosoma bosc* (Gobiidae) from four western Atlantic estuaries. **Journal of Fish Biology**, v.85, n.2, p.355-373, 2014.

DAY, R. D.; GERMAN, D. P.; MANJAKASY, J. M.; FARR, I.; HANSEN, M. J.; TIBBETTS, I. R. Enzymatic digestion in stomachless fishes: how a simple gut accommodates both herbivory and carnivory. **Journal of Comparative Physiology B**, v.181, n.5, p. 603-613, 2011.

DE ARAÚJO S. M.; ARAÚJO, F. G.; AZEVEDO, M. C. C.; SANTOS, J. N. S. The nursery function of sandy beaches in a Brazilian tropical bay for 0-group anchovies (Teleostei: Engraulidae): diel, seasonal and spatial patterns. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 84, n. 6, p. 1229-1232, 2004.

DE BELLO, F.; LEPS, J.; LAVOREL, S.; MORETTI, M. Importance of species abundance for assessment of trait composition: an example based on pollinator communities. **Community Ecology**, v.8, n.2, p.163-170, 2007.

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

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

DEFEO, O.; MCLACHLAN, A. Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. **Marine Ecology Progress Series**, v. 295, p. 1-20, 2005.

DESA, S.; AIDI, D. A proposed model of fish distribution in shallow lake based on feeding behaviour of fishes in Raban Lake. In: **Conference: UMTAS**. 2013.

DOLÉDEC, S.; CHESSEL, D.; TER BRAAK, C. J.; CHAMPELY, S. Matching species traits to environmental variables: a new three-table ordination method. **Environmental and Ecological Statistics**, v.3, n.2, p.143-166, 1996.

DOMENICI, P.; BLAKE, R. The kinematics and performance of fish fast-start swimming. **The Journal of Experimental Biology**, v.200, n.8, p.1165-1178, 1997.

DRAY, S.; CHOLER, P.; DOLÉDEC, S.; PERES-NETO, P. R.; THUILLER, W.; PAVOINE, S.; TER BRAAK, C. J. Combining the fourth-corner and the RLQ methods for assessing trait responses to environmental variation. **Ecology**, v. 95, n. 1, p. 14-21, 2014.

DRAY, S.; DUFOUR, A. B. The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. **Journal of statistical software**, v.22, n.4, p.1-20, 2007.

DUMAY, O.; TARI, P. S.; TOMASINI, J. A.; MOUILLOT, D. Functional groups of lagoon fish species in Languedoc Roussillon, southern France. **Journal of Fish Biology**, v.64, n. 4, p.970-983, 2004.

FIGUEIREDO, G. G. A. A.; PESSANHA, A. L. M. Comparative study of trophic organization of juvenile fish assemblages of three tidal creeks in a tropical semi-arid estuary. **Journal of Fish Biology**, v. 89, n. 1, p. 680-695, 2016.

FIGUEIREDO, L. J. E.; MENEZES, N. A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. III Teleostei (2)**. São Paulo, Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, 1980.

FIGUEIREDO, L. J. E.; MENEZES, N. A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. IV Teleostei (3)**. São Paulo, Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, 1980.

FIGUEIREDO, L. J. E.; MENEZES, N. A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. V Teleostei (4)**. São Paulo, Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, 1980.

FIGUEIREDO, L. J. E.; MENEZES, N. A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. VI Teleostei (5)**. São Paulo, Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, 2000.

FIGUEIREDO, L. J. E.; MENEZES, N. A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. II Teleostei (1)**. São Paulo, Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, 1978.

FRIEDMAN, S. T.; PRICE, S. A.; CORN, K. A.; LAROUCHE, O.; MARTINEZ, C. M., & WAINWRIGHT, P. C. Body shape diversification along the benthic–pelagic axis in marine fishes. **Proceedings of the Royal Society B**. v. 287, n.1931, p. 2020-1053, 2020.

FROESE, R.; D. PAULY. (Ed.). **World Wide Web electronic publication**. FishBase, 2021. Disponível em: www.fishbase.org.

HEMELRIJK, C. K.; REID, D. A. P.; HILDENBRANDT, H.; & PADDING, J. T. The increased efficiency of fish swimming in a school. **Fish and Fisheries**, v.16, n.3, p.511-521, 2015.

HENDERSON, C. J.; GILBY, B. L.; OLDS, A. D., MOSMAN, J.; CONNOLLY, R. M.; HYNDES, G.; KELAHER, B.; MASLO, B.; WILLIAMS, A.; SCHLACHER, T. A. Connectivity Shapes Functional Diversity and Maintains Complementarity in Surf Zones on Exposed Coasts. **Estuaries and Coasts**, p. 1-11, 2022.

HENSELER, C.; NORDSTRÖM, M. C.; TÖRNROOS, A.; SNICKARS, M.; PECUCHET, L.; LINDEGREN, M.; BONSDORFF, E. Coastal habitats and their importance for the diversity of benthic communities: a species-and trait-based approach. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 226, p. 106272, 2019.

HERNÁNDEZ-DELGADO, E. A. The emerging threats of climate change on tropical coastal ecosystem services, public health, local economies and livelihood sustainability of small islands: Cumulative impacts and synergies. **Marine Pollution Bulletin**, v.101, n.1, p.5-28, 2015.

HIROTA, K.; ASAOKA, R.; NAKAE, M.; SASAKI, K. The lateral line system and its innervation in *Zenarchopterus dunckeri* (Beloniformes: Exocoetoidei: Zenarchopteridae): an example of adaptation to surface feeding in fishes. **Ichthyological Research**, v. 62, n. 3, p. 286-292, 2015.

INUI, R.; NISHIDA, T.; ONIKURA, N.; EGUCHI, K.; KAWAGISHI, M.; NAKATANI, M.; OIKAWA, S. Physical factors influencing immature-fish communities in the surf zones of sandy beaches in northwestern Kyushu Island, Japan. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 86, n. 3, p. 467-476, 2010.

JACKSON, N. L.; NORDSTROM, K. F.; ELIOT, I.; MASSELINK, G. 'Low energy' sandy beaches in marine and estuarine environments: a review. **Geomorphology**, v. 48, n. 1-3, p. 147-162, 2002.

JACKSON, N. L.; NORDSTROM, K. F.; FARRELL, E. J. Longshore sediment transport and foreshore change in the swash zone of an estuarine beach. **Marine Geology**, v. 386, p. 88-97, 2017.

KARKAREY, R.; RATHOD, P.; ARTHUR, R.; YADAV, S.; THEO, A.; ALCOVERRO, T. Wave exposure reduces herbivory in post-disturbed reefs by filtering species composition, abundance and behaviour of key fish herbivores. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 1-14, 2020.

KIKUCHI, K.; UEHARA, Y.; KUBOTA, Y.; & MOCHIZUKI, O. Morphological Considerations of Fish Fin Shape on Thrust Generation. **Journal of Applied Fluid Mechanics**, v.7, n.4, 2014.

LASTRA, M.; DE LA HUZ, R., SÁNCHEZ-MATA, A. G.; RODIL, I. F.; AERTS, K., BELOSO, S.; LÓPEZ, J. Ecology of exposed sandy beaches in northern Spain: environmental factors controlling macrofauna communities. **Journal of Sea Research**, n. 55, v. 2, p. 128-140, 2006.

LAUDER, G. V. Fish locomotion: recent advances and new directions. **Annual Review of Marine Science**, v. 7, p. 521-545, 2015.

LI, G. J.; LUODIN, Z. H. U.; & LU, X. Y. Numerical studies on locomotion performance of fish-like tail fins. **Journal of Hydrodynamics, Ser. B**, v. 24, n. 4, p. 488-495, 2012.

LIRA, A. S.; VIANA, A. P.; EDUARDO, L. N.; LUCENA-FREDOU, F.; FREDOU, T. Population structure, size at first sexual maturity, and feeding ecology of conodon nobilis (actinopterygii: perciformes: haemulidae) from the coasts of pernambuco, north-eastern brazil. **Acta Ichthyologica et Piscatoria**, v. 49, n. 4, 2019.

MACÁRIO, B. S.; OLÍMPIO, M. S.; SALES, N. S.; PESSANHA, A. L. M. The effect of habitat structure and the interactions between four juvenile fishes and zooplankton-prey in a tropical estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 261, p. 107-528, 2021.

MASSELINK, G.; SHORT, A. D. The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model. **Journal of Coastal Research**, p. 785-800, 1993.

MCBRIDE, R. S.; STYER, J. R.; H. R. Spawning cycles and habitats for ballyhoo (Hemiramphus brasiliensis) and balao (H. balao) in south Florida. **Fishery Bulletin**, v. 101, n. 3, p. 583-589, 2003.

MCBRIDE, R. S.; THURMAN, P. E. Reproductive biology of Hemiramphus brasiliensis and H. balao (Hemiramphidae): maturation, spawning frequency, and fecundity. **The Biological Bulletin**, v. 204, n.1, p.57-67, 2003.

MCGILL, B. J.; ENQUIST, B. J.; WEIHER, E.; WESTOBY, M. Rebuilding community ecology from functional traits. **Trends in ecology & evolution**, v.21, n.4, p.178-185, 2006.

MCLACHLAN, A. Dissipative beaches and macrofauna communities on exposed intertidal sands. **Journal of Coastal Research**, p. 57-71, 1990.

MCLACHLAN, A.; DEFEO, O.; JARAMILLO, E.; SHORT, A. D. Sandy beach conservation and recreation: Guidelines for optimising management strategies for multi-purpose use. **Ocean & Coastal Management**, v. 71, p. 256-268, 2013.

MCLACHLAN, A.; DEFEO, O.; SHORT, A. D. Characterizing sandy beaches into major types and states: Implications for ecologists and managers. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 215, p. 152-160, 2018.

MCLACHLAN, A.; JARAMILLO, E.; DEFEO, O.; DUGAN, J.; RUYCK, A.; COETZEE, P. Adaptations of bivalves to different beach types. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 187, n. 2, p. 147-160, 1995.

MCLACHLAN, A.; JARAMILLO, E.; DONN, T. E.; WESSELS, F. Sandy beach macrofauna communities and their control by the physical environment: a geographical comparison. **Journal of Coastal Research**, p. 27-38, 1993.

MCLACHLAN, A.; TURNER, I. The interstitial environment of sandy beaches. **Marine Ecology**, v. 15, n. 3-4, p. 177-212, 1994.

MCPHERSON, J. M.; YEAGER, L. A.; BAUM, J. K. A simulation tool to scrutinise the behaviour of functional diversity metrics. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 9, n.1, p. 200-206, 2018.

MICHELI, F., HALPERN, B. S. Low functional redundancy in coastal marine assemblages. **Ecology Letters**, v. 8, n. 4, p. 391-400, 2005.

MINDEL, B. L.; NEAT, F. C.; TRUEMAN, C. N.; WEBB, T. J.; BLANCHARD, J. L. Functional, size and taxonomic diversity of fish along a depth gradient in the deep sea. **PeerJ**, v. 4, p.23-87, 2016.

MOSMAN, J. D.; HENDERSON, C. J.; OLDS, A. D.; GILBY, B. L.; SCHLACHER, T. A. Seascape connectivity exerts differing effects for fish assemblages in distinct habitats of the surf zones of ocean beaches. **ICES Journal of Marine Science**. v.77, n.3, p.1033-1042, 2020.

MOUCHET, M. A.; VILLÉGER, S.; MASON, N.W.H.; MOUILLOT, D. Functional diversity measures: an overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules. **Functional Ecology**, v. 24, n. 4, p. 867-876, 2010.

MOUILLOT, D.; DUMAY, O.; TOMASINI, J. A. Limiting similarity, niche filtering and functional diversity in coastal lagoon fish communities. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 71, n.3-4, p. 443-456, 2007.

MOUILLOT, D.; VILLÉGER, S.; PARRAVICINI, V.; KULBICKI, M.; GONZÁLEZ, J. E. A.; BENDER, M.; CHABANET, P.; FLOETER, S. R.; FRIEDLANDER, A.; VIGLIOLA, L.; BELLWOOD, D. R. Functional over-redundancy and high functional vulnerability in global fish faunas on tropical reefs. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 38, p. 13757-13762, 2014.

MOURÃO, J.; NORDI, N. Etnoictiologia de pescadores artesanais do estuário do rio Mamanguape, Paraíba, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 29, n. 1, p. 9-17, 2018.

NAGELKERKEN, I.; SHEAVES, M.; BAKER, R.; CONNOLLY, R. M. The seascape nursery: a novel spatial approach to identify and manage nurseries for coastal marine fauna. **Fish and Fisheries**, v. 16, n. 2, p. 362-371, 2015.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MINCHIN, P. R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M. H. H.; SZOECS, E.; WAGNER, H. **Vegan community ecology package**. R package version. 2, 5-7. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>, 2020.

OLDS, A. D.; FONSECA, E. V.; CONNOLLY, R. M.; GILBY, B. L.; HUIJBERS, C. M.; HYNDES, G. A.; LAYMAN, C. A.; WHITFIELD, A. K.; SCHLACHER, T. A. The ecology of fish in the surf zones of ocean beaches: A global review. **Fish and Fisheries**, v. 19, n. 1, p. 78-89, 2018.

OLIVEIRA, R. E. M. C. C.; PESSANHA, A. L. M. Fish assemblages along a morphodynamic continuum on three tropical beaches. **Neotropical Ichthyology**, v. 12, p. 165-175, 2014.

OOI, A. L.; CHONG, V. C. Larval fish assemblages in a tropical mangrove estuary and adjacent coastal waters: Offshore–inshore flux of marine and estuarine species. **Continental Shelf Research**, v. 31, n. 15, p. 1599-1610, 2011.

ORTODOSSI, N. L.; GILBY, B. L.; SCHLACHER, T. A.; CONNOLLY, R. M.; YABSLEY, N. A., HENDERSON, C. J., OLDS, A. D. Effects of seascape connectivity on reserve performance along exposed coastlines. **Conservation Biology**, v. 33, n. 3, p. 580-589, 2019.

PALMEIRA, L. P.; & MONTEIRO-NETO, C. Ecomorphology and food habits of teleost fishes *Trachinotus carolinus* (Teleostei: Carangidae) and *Menticirrhus littoralis* (Teleostei: Sciaenidae), inhabiting the surf zone off Niterói, Rio de Janeiro, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 58, p. 1-9, 2010.

PATTRICK, P., STRYDOM, N. A. The effects of exposure in sandy beach surf zones on larval fishes. **Journal of Fish Biology**, v. 84, n. 5, p. 1354-1376, 2014.

PESSANHA, A. L. M.; ARAÚJO, F. G.; OLIVEIRA, R. E. M. C. C.; SILVA, A. F.; SALES, N. S. Ecomorphology and resource use by dominant species of tropical estuarine juvenile fishes. **Neotropical Ichthyology**, v.13, p.401-412, 2015.

PETCHEY, O. L.; GASTON, K. J. Functional diversity: back to basics and looking forward. **Ecology letters**, v. 9, n. 6, p. 741-758, 2006.

PILLAR, V. D.; BLANCO, C. C.; MÜLLER, S. C.; SOSINSKI, E. E.; JONER, F.; DUARTE, L. D. S. Functional redundancy and stability in plant communities. **Journal of Vegetation Science**, v. 24, p. 963:974, 2013.

POHLERT, T.; POHLERT, M. T. Package ‘PMCMR’. **R package version**, v. 1, n. 0, 2018.

QUAH, W. C.; CHEW, L. L.; CHONG, V. C.; CHU, C.; TEOH, C. Y.; OOI, A. L. Does structural change in the zooplankton community affect larval fish feeding in anthropogenically disturbed tropical waters?. **Environmental Biology of Fishes**, p. 1-22, 2021.

QUERINO, L. A. C. **Composição e estrutura da comunidade de peixes recifais do parque estadual marinho areia vermelha**, Cabedelo, PB, 2011.

RAO, C. R. Diversity and dissimilarity coefficients: a unified approach. **Theoretical Population Biology**, v. 21, p. 24-43, 1982.

REIS, R. E.; ALBERT, J. S.; DI DARIO, F.; MINCARONE, M. M.; PETRY, P.; ROCHA, L. A. Fish biodiversity and conservation in South America. **Journal of Fish Biology**, v. 89, n. 1, p. 12-47, 2016.

RICHARDS, W. J. (Ed.). **Early stages of Atlantic fishes: an identification guide for the western central north Atlantic**, Two Volume *Set* (Vol. 1). CRC Press, 2005.

RICOTTA, C.; MORETTI, M. CWM and Rao's quadratic diversity: a unified framework for functional ecology. **Oecologia**, v.167, n.1, p.181-188, 2011.

ROBERTS, C.; STEWART, A. L.; STRUTHERS, CARL D. (Ed.). **The Fishes of New Zealand**, Te Papa Press, 2015.

Rstudio TEAM. **RStudio: Integrated Development Environment for R**. RStudio, PBC, Boston, MA, 2021 URL <http://www.rstudio.com/>.

SALLES, F. J. P.; BENTES, F. C. M.; SANTOS, J. A. **Catálogo de estações maregráficas**. Fundação de Estudos do Mar. Rio de Janeiro: FEMAR, 2000.

SANTOS, B. A. ROSA, R. S.; STEVENS, P. O.; MEDEIROS, A. P. M.; MORAIS, J.; CARDOSO, A. P. L.R.; ARAÚJO, J. L. **Proposta de Criação do Parque Estadual Marinho do Naufrágio Queimado**, 2018.

SCHULTZ, A. L.; MALCOLM, H. A; FERRARI, R.; SMITH, S. D. A. Wave energy drives biotic patterns beyond the surf zone: Factors influencing abundance and occurrence of mobile fauna adjacent to subtropical beaches. **Regional Studies in Marine Science**, v. 25, p. 100467, 2019.

SCOTT, T.; MASSELINK, G.; RUSSELL, P. Morphodynamic characteristics and classification of beaches in England and Wales. **Marine Geology**, v. 286, n. 1-4, p. 1-20, 2011.

SHERVETTE, V. R.; AGUIRRE, W. E.; BLACIO, E.; CEVALLOS, R.; GONZALEZ, M.; POZO, F., GELWICK, F. Fish communities of a disturbed mangrove wetland and an adjacent

tidal river in Palmar, Ecuador. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 72, n. 1-2, p. 115-128, 2007.

SHORT, A. D. Australian beach systems nature and distribution. **Journal of Coastal Research**, v.22, n.1, p.11-27, 2006.

SHORT, A. D.; KLEIN, A. H. F. (Ed.). **Brazilian beach systems**. Springe, 2016.

SIBERCHICOT, A.; JULIEN-LAFERRIÈRE, A.; DUFOUR, A. B.; THIOULOUSE, J.; DRAY, S. adegraphics: an S4 lattice-based package for the representation of multivariate data. **R Journal**, n.9, v.2, 2017.

SICHUM, S.; TANTICHODOK, P.; JUTAGATE, T. Diversity and assemblage patterns of juvenile and small sized fishes in the nearshore habitats of the gulf of thailand. **Raffles Bulletin of Zoology**, v. 61, n. 2, 2013.

SILVA-JÚNIOR, C. A. B.; MÉRIGOT, B.; FRÉDOU, F. L.; FERREIRA, B. P.; COXEY, M. S.; REZENDE, S. M.; FRÉDOU, T. Functional diversity of fish in tropical estuaries: A traits-based approach of communities in Pernambuco, Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 198, p. 413-420, 2017.

STERZA, J. M., FERNANDES, L. L. Zooplankton community of the Vitória Bay estuarine system (Southeastern Brazil): characterization during a three-year study. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 54, p. 95-105, 2006.

TAYLOR, B. W., FLECKER, A. S., HALL, R. O. Loss of a harvested fish species disrupts carbon flow in a diverse tropical river. **Science**, v. 313, n. 5788, p. 833-836, 2006.

TEICHERT, N.; LEPAGE, M.; SAGOUIS, A.; BORJA, A., CHUST, G.; FERREIRA, M. T.; PASQUAUD, S., SCHINEGGER, R., SEGURADO, P., ARGILLIER, C. Functional redundancy and sensitivity of fish assemblages in European rivers, lakes and estuarine ecosystems. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1-11, 2017.

TEICHERT, N.; PASQUAUD, S.; BORJA, A.; CHUST, G.; URIARTE, A.; & LEPAGE, M. Living under stressful conditions: Fish life history strategies across environmental gradients in estuaries. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 188, p. 18-26, 2017.

TIBBETTS, I. R.; CARSELDINE, L. Trophic shifts in three subtropical Australian halfbeaks (Teleostei: Hemiramphidae). **Marine and Freshwater Research**, v. 56, n. 6, p. 925-932, 2005.

TITTENSOR, D. P.; MORA, C.; JETZ, W.; LOTZE, H. K.; RICARD, D., BERGHE, E. V., WORM, B. Global patterns and predictors of marine biodiversity across taxa. **Nature**, v. 466, n. 7310, p. 1098-1101, 2010.

TRINDADE, S. I.; MOYES, F.; MAGURRAN, A. E. Global change in the functional diversity of marine fisheries exploitation over the past 65 years. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 287, n. 1933, p. 20200889, 2020.

VALESINI, F. J.; POTTER, I. C.; CLARKE, K. R. To what extent are the fish compositions at nearshore sites along a heterogeneous coast related to habitat type?. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 60, n. 4, p. 737-754, 2004.

VAN DER LINDEN, P.; MARCHINI, A.; DOLBETH, M.; PATRÍCIO, J.; VERÍSSIMO, H.; MARQUES, J. C. The performance of trait-based indices in an estuarine environment. **Ecological Indicators**, v. 61, p. 378-389, 2016.

VANDEWALLE, M.; DE BELLO, F.; BERG, M. P.; BOLGER, T.; DOLEDEC, S.; DUBS, F.; FELD, C.K.; HARRINGTON, R.; HARRISON, P. A.; LAVOREL, S.; DA SILVA, P. M.; MORETTI, M.; NIEMELA, J.; SANTOS, P.; SATTTLER, T.; SOUZA, J.P.; SYKES, M. T.; VANBERGEN A.J.; WOODCOCK, B.A. Functional traits as indicators of biodiversity response to land use changes across ecosystems and organisms. **Biodiversity and Conservation**, v. 19, n. 10, p. 2921-2947, 2010.

VARGAS, F. E.; OLDS, A. D.; GILBY, B. L.; CONNOLLY, R. M.; SCHOEMAN, D. S.; HUIJBERS, C. M.; HYNDES, G. A.; SCHLACHER, T. A. Combined effects of urbanization and connectivity on iconic coastal fishes. **Diversity and Distributions**, v. 22, n. 12, p. 1328-1341, 2016.

VASCONCELOS, R. P.; HENRIQUES, S.; FRANÇA, S.; PASQUAUD, S.; CARDOSO, I.; LABORDE, M., CABRAL, H. N. Global patterns and predictors of fish species richness in estuaries. **Journal of Animal Ecology**, v. 84, n. 5, p. 1331-1341, 2015.

VELASCO-REYES, L. E.; AGUILAR-BETANCOURT, C. M.; GONZÁLEZ-SANSÓN, G.; FLORES-ORTEGA, J. R., AMBRIZ-CASILLAS, M. F. Feeding and Diet Overlap of Six Estuarine Fishes (Family Carangidae) from the Mexican Pacific Region. **Estuaries and Coasts**, v. 45, n. 1, p. 302-313, 2022.

VILLÉGER, S.; BROSSE, S.; MOUCHET, M.; MOUILLOT, D.; VANNI, M. J. Functional ecology of fish: current approaches and future challenges. **Aquatic Sciences**, v. 79, n. 4, p. 783-801, 2017.

VILLÉGER, S.; MASON, N. W. H.; MOUILLOT, D. New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. **Ecology**, v. 89, n. 8, p. 2290-2301, 2008.

VOUSDOUKAS, M. I.; RANASINGHE, R.; MENTASCHI, L.; PLOMARITIS, T. A.; ATHANASIOU, P.; LUIJENDIJK, A., FEYEN, L. Sandy coastlines under threat of erosion. **Nature Climate Change**, v. 10, n. 3, p. 260-263, 2020.

WALKER, J. A. An integrative model of evolutionary covariance: a symposium on body shape in fishes. **Integrative and Comparative Biology**, v. 50, n. 6, p. 1051-1056, 2010.

WHITFIELD, A. K. Estuaries—how challenging are these constantly changing aquatic environments for associated fish species?. **Environmental Biology of Fishes**, v. 104, n. 4, p. 517-528, 2021.

APÊNDICE A – MATERIAL SUPLEMENTAR

Apêndice 1 – Tabelas com as espécies através de presença e ausência nos diferentes tipos de praias. TD – Praias dominada por marés; TM- Praias modificadas por marés; WD- Praias dominadas por ondas.

FAMILIA	ESPÉCIES	TD	TM	WD
Engraulidae	<i>Anchoa hepsetus</i>			
	<i>Anchoa lyolepis</i>			
	<i>Anchoa marinii</i>			
	<i>Anchoa tricolor</i>			
	<i>Anchoviella brevirostris</i>			
	<i>Lycengraulis grossidens</i>			
Clupeidae	<i>Harengula clupeola</i>			
	<i>Lile piquitinga</i>			
	<i>Opisthonema oglinum</i>			
	<i>Rhinosardinia bahiensis</i>			
Gobiidae	<i>Ctenogobius boleosoma</i>			
Mugilidae	<i>Mugil curema</i>			
	<i>Mugil liza</i>			
Atherinopsidae	<i>Atherinella blackburni</i>			
	<i>Atherinella brasiliensis</i>			
Hemiramphidae	<i>Hyporhamphus unifasciatus</i>			
Carangidae	<i>Caranx hippos</i>			
	<i>Caranx latus</i>			
	<i>Oligoplites saurus</i>			
	<i>Selene vomer</i>			
	<i>Trachinotus carolinus</i>			
	<i>Trachinotus falcatus</i>			
	<i>Trachinotus goodei</i>			
Paralichthyidae	<i>Citharichthys arenaceus</i>			
	<i>Citharichthys spilopterus</i>			
Gerreidae	<i>Eucinostomus argenteus</i>			
Haemulidae	<i>Conodon nobilis</i>			
	<i>Haemulopsis corvinaeformis</i>			
Polynemidae	<i>Polydactilus virginicus</i>			
Sciaenidae	<i>Menticirrhus americanus</i>			
	<i>Menticirrhus littoralis</i>			
	<i>Stellifer rastrifer</i>			
Tetraodontidae	<i>Lagocephalus laevigatus</i>			
	<i>Sphoeroides testudineus</i>			

	<i>Sphoeroides tyleri</i>			
Diodontidae	<i>Chilomycterus antennatus</i>			
Albulidae	<i>Albula vulpes</i>			
Engraulidae	<i>Anchoa januaria</i>			
	<i>Anchovia clupeioides</i>			
	<i>Anchoviella lepidentostole</i>			
Synodontidae	<i>Synodus foetens</i>			
Mugilidae	<i>Mugil brevisrostris</i>			
Dactyloscopidae	<i>Dactyloscopus crossotus</i>			
Belonidae	<i>Strongylura timucu</i>			
Syngnathidae	<i>Cosmocampus elucens</i>			
	<i>Syngnathus pelagicus</i>			
Dactylopteridae	<i>Dactylopterus volitans</i>			
Scaridae	<i>Nicholsina usta</i>			
Gerreidae	<i>Ulaema lefroyi</i>			
Mullidae	<i>Pseudupeneus maculatus</i>			
Lutjanidae	<i>Lutjanus analis</i>			
	<i>Lutjanus synagris</i>			
Ehippidae	<i>Chaetodipterus faber</i>			
Tetraodontidae	<i>Sphoeroides greeleyi</i>			
Diodontidae	<i>Chilomycterus spinosus spinosu</i>			
Pristigasteridae	<i>Chirocentrodon bleekermanus</i>			
	<i>Pellona harroweri</i>			
Ariidae	<i>Sciades herzbergii</i>			
Paralichthyidae	<i>Etropus crossotus</i>			
Cynoglossidae	<i>Symphurus plagusia</i>			
Sciaenidae	<i>Larimus breviceps</i>			
	<i>Stellifer naso</i>			
	<i>Stellifer stellifer</i>			
	<i>Umbrina coroides</i>			
Diodontidae	<i>Chilomycterus antillarum</i>			
Eleotridae	<i>Erotelis smaragdus</i>			
Gobiidae	<i>Bathygobius soporator</i>			
	<i>Ctenogobius stigmaticus</i>			
	<i>Gobionellus stomatus</i>			
Mugilidae	<i>Mugil hospes</i>			
Paralichthyidae	<i>Citharichthys macrops</i>			
Achiridae	<i>Achirus lineatus</i>			
Cynoglossidae	<i>Symphurus tessellatus</i>			
Ophichthidae	<i>Myrichthys ocellatus</i>			
Engraulidae	<i>Cetengraulis edentulus</i>			

Clupeidae	<i>Sardinella brasiliensis</i>			
Gobiidae	<i>Ctenogobius smaragdus</i>			
Mugilidae	<i>Mugil incilis</i>			
Syngnathidae	<i>Microphis lineatus</i>			
	<i>Pseudophallus mindii</i>			
Fistulariidae	<i>Fistularia tabacaria</i>			
Scombridae	<i>Scomberomorus brasiliensis</i>			
Gerreidae	<i>Diapterus rhombeus</i>			
	<i>Eucinostomus melanopterus</i>			
	<i>Eugerres brasiliensis</i>			
Serranidae	<i>Epinephelus adscensionis</i>			
	<i>Serranus phoebe</i>			
Lutjanidae	<i>Lutjanus cyanopterus</i>			
Sciaenidae	<i>Bairdiella ronchus</i>			
Tetraodontidae	<i>Sphoeroides spengleri</i>			
Albulidae	<i>Albula nemoptera</i>			
Belonidae	<i>Strongylura marina</i>			
Sphyraenidae	<i>Sphyraena barracuda</i>			
Paralichthyidae	<i>Syacium micrurum</i>			
Serranidae	<i>Alphestes afer</i>			
Haemulidae	<i>Anisotremus surinamensis</i>			
	<i>Anisotremus virginicus</i>			
	<i>Genyatremus luteus</i>			
	<i>Haemulon aurolineatum</i>			
	<i>Haemulon flavolineatum</i>			
	<i>Haemulon parra</i>			
	<i>Haemulon plumieri</i>			
	<i>Haemulon steindachneri</i>			
	<i>Orthopristis ruber</i>			
Lutjanidae	<i>Lutjanus alexandrei</i>			
Scorpaenidae	<i>Scorpaena plumieri</i>			
Triglidae	<i>Prionotus punctatus</i>			
Sciaenidae	<i>Odontoscion dentex</i>			
Pristigasteridae	<i>Odontognathus mucronatus</i>			
Engraulidae	<i>Anchoa spinifera</i>			
Ariidae	<i>Bagre marinus</i>			
	<i>Sciades parkeri</i>			
Sciaenidae	<i>Isopisthus parvipinnis</i>			
	<i>Stellifer punctatissimus</i>			
	<i>Stellifer brasiliensis</i>			
	<i>Stellifer microps</i>			

Acanthuridae	<i>Acanthurus bahianus</i>			
TOTAL		80	83	63

Apêndice 2 – Tabelas com os traços e as categorias usados para o cálculo dos índices da diversidade funcional e sua importância ecológica. AC - Altura do corpo; LC – Largura do corpo; CP – comprimento padrão; CPC – Comprimento do pedúnculo caudal; APC – Altura do pedúnculo caudal; LPC – Largura do pedúnculo cauda; CNP - Comprimento da nadadeira peitoral; LNP - Largura da nadadeira peitoral; ARO - Altura relativa do olho.

TRAÇOS	CATEGORIAS	IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA	DADOS	REFERÊNCIA
Dieta	Zoobentívoro, Onívoro Zooplactívoro Piscívoro Herbívoro	Nível trófico	Categórico	Villéger et al.,2017; Froese e Pauly, 2021
Habitat vertical	Bentopelágico Bentônico Pelágico	Preferência de habitat	Categórico	Froese e Pauly, 2021
Formato do Corpo (FC)	Compressiforme Fusifforme Depressiforme1 Depressiforme2 Filiforme Sagitiforme Globiforme Alongado	Morfologia (Posição na coluna d'água)	Categórico	Villéger et al., 2017; Henseler et al., 2019 Froese e Pauly, 2021
Formato da Nadadeira Caudal (FNC)	Emarginada Arredondada Furcada Continua Lunada Lanceolada Truncada	Morfologia (Manobrabilidade e Locomoção)	Categórico	Roberts, Stewart e Struthers, 2015; Froese e Pauly, 2021
Índice de Compressão (IC)	AC/LC	Posição na Coluna d'água	Contínuo	Pessanha et al., 2015
Altura Relativa (AR)	AC/CP	Capacidade de manobrabilidade verticais	Contínuo	Pessanha et al., 2015

Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal (ICPC)	APC/LPC	Indica o comportamento de natação	Contínuo	Pessanha et al., 2015
Aspecto da Relação da Nadadeira Peitoral (ARNP)	CNP/LNP	Auxilia na propulsão	Contínuo	Pessanha et al., 2015

Apêndice 3 - Valores do CMW (“Community Weighted Mean”) dos atributos funcionais em cada praia. * valores em negrito apresenta valor < 0,01. TD – Praias dominada por marés; TM- Praias modificadas por marés; WD- Praias dominadas por ondas.

Valores de CWM	Tipos de Praias			Qui- quadrado	Post-hoc
	TD	TM	WD		
DIETA					
Detritívoro	0.075 ± 0.017	0.024 ± 0.010	0.096 ± 0.028	0.0447	
Herbívoro	0.002 ± 0.002	0.006 ± 0.002	0.000 ± 0.000	< 0.0001*	TD=WD<TM
Insetívoro	0.059 ± 0.014	0.024 ± 0.008	0.001 ± 0.001	< 0.0001*	TD=TM>WD
Onívoro	0.000 ± 0.000	0.001 ± 0.001	0.003 ± 0.002	0.0316*	TD=WD<TM
Piscívoro	0.146 ± 0.025	0.194 ± 0.024	0.122 ± 0.022	0.0051*	TD=WD>TM
Zoobentívoro	0.552 ± 0.034	0.590 ± 0.033	0.719 ± 0.033	0.0011*	TD=TM<WD
Zooplactívoro	0.166 ± 0.027	0.160 ± 0.028	0.060 ± 0.015	< 0.0001*	TD=TM>WD
HABITAT					
Bentônico	0.088 ± 0.016	0.040 ± 0.015	0.015 ± 0.008	< 0.0001*	TD>TM>WD
Bentopelágico	0.521 ± 0.032	0.545 ± 0.032	0.594 ± 0.036	0.2557	NS
Pelágico	0.390 ± 0.033	0.415 ± 0.033	0.390 ± 0.037	0.6156	NS
MORFOLÓGICO					
Alongado	0.026 ± 0.007	0.002 ± 0.002	0.004 ± 0.003	< 0.0001*	TM=WD<TD
Anguiliforme	0.001 ± 0.001	0.000 ± 0.000	0.000 ± 0.000	0.4836	NS
Compressiforme	0.658 ± 0.029	0.851 ± 0.027	0.881 ± 0.030	< 0.0001*	WD>TM>TD
Depressiforme1	0.052 ± 0.013	0.004 ± 0.002	0.009 ± 0.005	< 0.0001*	TM=WD<TD
Depressiforme2	0.003 ± 0.001	0.004 ± 0.001	0.003 ± 0.002	0.0117*	TD=WD<TM
Filiforme	0.006 ± 0.002	0.006 ± 0.002	0.000 ± 0.000	0.0009*	TD=TM>WD
Fusiforme	0.082 ± 0.018	0.055 ± 0.013	0.095 ± 0.028	0.0650	NS
Globiforme	0.111 ± 0.019	0.029 ± 0.015	0.007 ± 0.002	< 0.0001*	TM=WD<TD
Sagitiforme	0.062 ± 0.015	0.049 ± 0.017	0.001 ± 0.001	< 0.0001*	TD=TM>WD
Arredondada	0.063 ± 0.014	0.031 ± 0.015	0.059 ± 0.013	0.0683	NS
Continua	0.022 ± 0.005	0.003 ± 0.002	0.006 ± 0.005	< 0.0001*	TM=WD<TD

Emarginada	0.076 ± 0.015	0.070 ± 0.014	0.041 ± 0.010	0.0489*	TM≠WD=TD
Furcada	0.727 ± 0.028	0.800 ± 0.026	0.793 ± 0.026	0.0736	TD≠WD=TM
Lanceolada	0.000 ± 0.000	0.029 ± 0.010	0.079 ± 0.015	< 0,0001*	TM=WD>TD
Lunada	0.001 ± 0.001	0.002 ± 0.001	0.000 ± 0.000	0.0492*	TM≠WD=TD
Truncada	0.112 ± 0.018	0.065 ± 0.019	0.020 ± 0.008	< 0,0001*	TD>TM>WD
IC	2.807 ± 0.082	2.744 ± 0.099	2.811 ± 0.105	0.9307	NS
AR	0.302 ± 0.010	0.279 ± 0.007	0.327 ± 0.010	0.0045*	TM≠WD=TD
ICPC	3.053 ± 0.071	3.238 ± 0.062	3.100 ± 0.072	0.3506	NS
ARNp	3.841 ± 0.222	3.363 ± 0.118	2.667 ± 0.047	< 0,0001*	TD=TM>WD
