

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos**  
**Trópicos/PPG-DIBICT**

**DANIELE SOUTO VIEIRA**

**RIQUEZA DE PEIXES E FUNÇÕES ECOSSISTÊMICAS EM HABITATS ESTUARINOS**  
**TROPICAIS**

**MACEIÓ**  
**FEVEREIRO/2020**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos  
Trópicos/PPG-DIBICT**

**DANIELE SOUTO VIEIRA**

**RIQUEZA DE PEIXES E FUNÇÕES ECOSSISTÊMICAS EM HABITATS ESTUARINOS  
TROPICAIS**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Mestre em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, área de concentração em Conservação da Biodiversidade Tropical.**

**Orientador(a): Prof(a). Dr.(a)NÍDIA NOEMI FABRÉ**

**MACEIÓ  
FEVEREIRO/2020**

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 - 1767

V658r Vieira, Daniele Souto.

Riqueza de peixes e funções ecossistêmicas em habitats estuarinos tropicais /  
Daniele Souto Vieira. – 2020.  
50 f. : il.

Orientadora: Nidia Noemi Fabré.

Dissertação (mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de  
Alagoas. Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Programa de Pós-Graduação  
em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos. Maceió, 2020.

Inclui bibliografias.

1. Sazonalidade (Biologia). 2. Função ecossistêmica. 3. Diversidade funcional  
(Biodiversidade). 4. Ecologia dos estuários. I. Título.

CDU: 502.7(204)

## Folha de aprovação

Daniele Souto Vieira

### Riqueza de peixes e funções ecossistêmicas em habitats estuarinos tropicais

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Mestre em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS na área da Biodiversidade.

Dissertação aprovada em 26 de fevereiro de 2020.

Profa. Dra. Nidia Noemi Fabré/UFAL  
Orientadora

Prof. Dr. Robson Guimarães dos Santos/UFAL  
(membro titular)

Prof. Dr. Thiago Gonçalves Souza/UFRPE  
(membro titular)

Prof. Dr. Tommaso Giarrizzo/UFGA  
(membro titular)

MACEIÓ - AL  
Fevereiro/2020

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço inicialmente aos meus pais pelo incentivo e apoio incondicional. Muito obrigada por considerar a educação como prioridade e por me ensinarem que o trabalho duro, responsabilidade e respeito ao próximo e são tão ou mais importantes quanto um diploma. Sem eles não poderia chegar à lugar nenhum.

A minha orientadora professora Dra. Nídia e professor Dr. Vandick, pelos ensinamentos, pela paciência, por fazer com que seus alunos tenham compromisso com a ciência; e também pela conversas descontraídas do almoço e as melhores festas de final de ano.

Ao LaEPP, Lacom e aos MELHORES companheiros de laboratório do mundo: Ivan, Gilmar, Reginaldo, Mônica, Myrna, Victor, Diogo, Jordana e Samantha pelas contribuições acadêmicas, pelas risadas e momentos de descontração, em especial ao Rafa por sempre saber as coreografias para dançar durante as amostragens. Aos agredados Karol, Ciro, Gustavo, João e Jessika que não perdiam a oportunidade e ir jogar uno e comer pizza depois da 7h da noite . Muito obrigada vocês tornaram o trabalho pesado muito mais divertido e dançante.

À Universidade Federal de Alagoas e ICBS pelo espaço físico. A todos do Programa de Pós Graduação em Diversidade Biológica e Diversidade no Trópicos (PPG- DIBICT), em especial a Julienne por toda a paciência com os alunos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD) pelo apoio financeiro financiamento da pesquisa, fundamentais para meu crescimento acadêmico .

Muito obrigada!

## RESUMO

Os processos que regem à montagem de comunidades biológicas são responsáveis pelas alterações que ocorrem na composição de espécies e, por consequência, nas funções ecossistêmicas desempenhadas por tais comunidades. Em estuários, a composição e o estabelecimento de espécies são limitados principalmente por flutuações que ocorrem nos níveis de salinidade em resposta às mudanças sazonais da pluviosidade. Além disso, a alta disponibilidade de habitats presente nestes ecossistemas proporciona um mosaico funcionalmente que facilita o movimento de indivíduos e mudanças na composição de espécies. Assim, objetivamos testar se existe a complementaridade funcional espacial e temporal entre os habitats praia, mangue e capim em estuários do Atlântico sul tropical. A abundância e riqueza dos guildas e uso de habitat foram maiores durante o período de chuvas, no entanto, a contribuição funcional dos estuarinos foi maior durante a seca e no mangue. A contribuição funcional em relação a guildas tróficas também apresentou diferenças em relação à pluviosidade, os piscívoros e carnívoros tiveram maior contribuição em períodos chuvosos na praia. A trajetória da riqueza de espécie e função ecossistêmica variou de forma cíclica nos três habitats influenciada principalmente pelos ciclos de chuvas. De forma que há perda de espécies durante a estação seca e um ganho durante a estação chuvosa. Os habitats estuarinos apresentam diferentes composições funcionais, demonstrando assim sua complementaridade funcional e a necessidade e manutenção da conectividade de habitats que mantem o mosaico estuarino.

**Palavras chave:** Sazonalidade, função ecossistêmica, diversidade funcional.

## **ABSTRACT**

The processes that drive the assembly of biological communities are responsible for changes that occur in the composition of species and, consequently, in the ecosystem functions. In estuaries, composition and establishment of species are limited by changes in salinity levels in response to seasonal changes . In addition, the habitat complexity present in these ecosystems provides a functionally mosaic and the movement between habitats and changes in species composition. Thus, we aim to test whether there is functional spatial and temporal complementarity between the beach, mangrove and seagrass habitats in estuaries of the tropical South Atlantic. The species richness and the abundance of the guilds were greater during the rainy season, however, the functional contribution of the estuaries species was greater during the drought and in the mangrove. Functional contribution of trophic guilds also showed differences in relation to rainfall, piscivores and carnivores had greater contribution in rainy periods on the beach. The trajectory of species richness and ecosystem function changed cyclically in the three habitats, influenced mainly by rainfall cycles. In the way there is a loss of species during the dry season and a gain during the rainy season. Estuarine habitats have different functional compositions, thus demonstrating their functional complementarity and the need for and maintaining the connectivity of habitats that maintain the estuarine mosaic.

**Keywords:** Seasonality, ecosystem function, functional diversity.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Mapa da área de coleta identificando os pontos amostrados. ....25
- Figura 2. Medidas morfológicas utilizadas nos índices ecomorfológicos utilizados para os traços funcionais. Altc= altura do corpo, Ct= comprimento do corpo, LarC= largura do corpo e Cb= comprimento da cabeça. Tabela 1. Traços de mobilidade e tróficos utilizados para calcular a diversidade funcional e suas funções. Altc= altura do corpo, Ct= comprimento do corpo, LarC= largura do corpo e Cb= comprimento da cabeça ....28
- Figura 3. Variação da biomassa (g/m<sup>2</sup>) por guilda de uso de habitat (est\_res= estuarinos residentes Mar\_mig= marinho migrantes e mar\_vag= marinho vagantes ) e guilda trófica (carn= carnívoros, mif=invertívoros, omni= onívoros e pisc= piscívoros) por bimestre (t1 a t6) ao longo do ano amostrado. A linha preta continua representa os dados de pluviosidade obtidos do site Semarh (Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos hídricos de Alagoas).....34
- Figura 4. Gráfico indicando as mudanças temporais na função ecossistêmica (vetor CE vermelho) e na riqueza de espécies (vetor SR) a partir do primeiro bimestre da estação chuvosa (asterisco) até o último bimestre da estação chuvosa (traço preto).....36



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Traços de mobilidade e tróficos utilizados para calcular a diversidade funcional e suas funções. Altc= altura do corpo, Ct= comprimento do corpo, LarC= largura do corpo e Cb= comprimento da cabeça.....29

Tabela 1 . Traços de mobilidade e tróficos utilizados para calcular a diversidade funcional e suas funções. Altc= altura do corpo, Ct= comprimento do corpo, LarC= largura do corpo e Cb= comprimento da cabeça.....30

Tabela S1. Lista de espécies utilizadas e guildas funcionais que estão agrupadas. Guilda de uso de habitat: espécies estuarinas residentes (est\_res), marinho migrantes (mar\_mig) e marinho vagante (mar\_vag). Guilda tróficos carnívoro (carn), omnívoros (omni), predadores de invertebrados móveis (mif) e piscívoros (pisc). Presença das espécies nos habitats: 1- presente e 0- ausente.  
.....47

## SUMÁRIO

<b>1 Apresentação</b> .....	<b>11</b>
<b>2 Revisão da literatura</b> .....	<b>12</b>
2.1 Dinâmica estuarina .....	12
2.1.1 Habitats estuarinos .....	13
2.1.2 Berçário estuarino .....	14
2.1.3 Diversidade funcional ecossistemas aquáticos .....	15
2.1.4 Framework da equação de Price .....	16
<b>Referências</b> .....	<b>18</b>
<b>3 . Riqueza de peixes e funções ecossistêmicas em habitats estuarinos tropicais</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Introdução</b> .....	<b>21</b>
<b>3.2 Material e Métodos</b> .....	<b>25</b>
3.2.1 Área de estudo .....	25
3.2.2 Traços funcionais e função ecossistêmica .....	26
3.2.3 Trajetoria funcional: Abordagem Community Assembly and the Functioning of the Ecosystems – CAFE .....	30
<b>3.3.Resultados</b> .....	<b>33</b>
3.3.1 Distribuição temporal e espacial das assembleias ictiícas.....	33
3.3.2 Trajetória funcional atrelada a dinâmica estuarina .....	35
<b>3.4.Discussão</b> .....	<b>36</b>
<b>3.5 Referências</b> .....	<b>41</b>
<b>3.6 Material suplementar</b> .....	<b>47</b>
<b>4 Conclusão</b> .....	<b>50</b>

## 1 Apresentação

Esta dissertação apresenta uma avaliação das mudanças temporais sazonais nas funções ecossistêmicas em função dos ganhos ou perdas riqueza de espécies (trajetória funcional) de peixes em estuários tropicais. Nós investigamos a trajetória funcional da função ecossistêmica de peixes em três habitats estuarinos (capim, mangue e praia) a fim de verificar a existência de complementaridade funcional entre estes habitats. O trabalho divide-se em duas partes, a primeira é uma revisão bibliográfica contendo base conceituais sobre ecossistemas estuarinos, a importância de cada habitat estuarino para as funções berçário das comunidades ictíicas e diversidade funcional.

A segunda parte é um manuscrito intitulado 'Riqueza de peixes e funções ecossistêmicas em habitats estuarinos tropicais', onde o objetivo foi verificar se a variação sazonal da composição de espécies tem influência na função ecossistêmica de habitats estuarinos. Nesse trabalho usamos os traços funcionais tróficos e de uso de habitat como indicadores de função ecossistêmica e dessa forma podemos visualizar a trajetória funcional em função do ganho e da perda de espécies como prevê a abordagem CAFE (Community Assembly and the Functioning of the Ecosystem) (BANNAR-MARTIN et al., 2018).

Os resultados do trabalho trazem novas perspectivas acerca da importância da complementaridade de habitats estuarinos na estruturação funcional de comunidades de peixes em estuários tropicais. Desta forma esperamos contribuir no entendimento do papel diferenciados que os habitat de mangue, capim marinho e praia cumprem para a manutenção dos ecossistemas estuarinos, auxiliando na conservação dessas áreas e na manutenção das comunidades de peixes juvenis.

## 2 Revisão da literatura

### 2.1 Dinâmica estuarina

Os estuários são ecossistemas de transição entre ambientes de água doce e marinha e podem ser divididos em três setores (i) Baixo estuário, o qual está conectado livremente com o mar aberto, (ii) o meio estuário onde ocorre mistura de água doce e salgada e (iii) estuário superior caracterizado pela dominância de água doce (FAIRBRIDGE; RW, 1980). Esses ecossistemas estão suscetíveis as mudanças cíclicas nos parâmetros físico-químicos da água como ph, salinidade, turbidez, etc, resultado da entrada de água dos rios (DAY JR, J. W., KEMP, W. M., YÁÑEZ-ARANCIBIA, A., & CRUMP, 2012) A entrada e mistura de água pode variar entre estuários e depende de outras características físicas como volume de água e amplitude de maré (MCLUSKY; ELLIOTT, 2004), de forma que podemos classificar-los em 3 tipos: positivos, negativos e neutros. Nos positivos, típicos de ambientes temperados, a água salina vinda do mar entra no estuário por baixo da água doce e a mistura das massas d'água ocorre de forma gradual no sentido de baixo para cima. Já nos estuários negativos, comuns em ambientes tropicais, a evaporação faz com que a água na superfície se torne mais salina. Essa massa de água mais salina (e mais densa) que a que entra do mar, desce para o fundo ocorrendo a mistura de cima para baixo. No caso da entrada de água doce ser igual à evaporação, a salinidade é estática e o estuário é chamado neutro, no entanto está é uma situação rara de ocorrer (DYER, 1973; MCLUSKY; ELLIOTT, 2004).

Toda essa dinâmica faz com que a salinidade não seja homogênea, mas no geral pode ser classificada em algumas zonas de acordo com o sistema de Veneza que traz as seguintes classificações: (1) limnético (0-0,5 ppt), oligoalino (0,0- 5ppt), mesoalino (5-18 ppt), polialino (18-30 ppt) e eualino (>30 ppt) (VENEZIA, 1958). Outra característica importante dos estuários é a entrada de partículas de detritos orgânicos derivados da excreção, morte e decomposição de plantas e animais vindos dos rios, mares e das áreas adjacentes aos rios. E são nessas regiões do baixo estuário e

estuário superior onde os sedimentos são somadas às correntes e às mares, elevando a turbidez e diminuindo da entrada de luz. Uma vez que essa matéria orgânica se incorpora nos estuários, ela se torna de grande importância para a manutenção da macrofauna e da produtividade primária.(MCLUSKY; ELLIOTT, 2004).

Os estuários são reconhecidos como um ecossistema composto por diversos tipos de habitats como por exemplo os mangues, recifes de corais, praia, capim marinho (BARBIER et al., 2011), o que torna os estuários um dos maiores fornecedores de serviços ecossistêmicos como estabilização, sequestro de carbono, aumento da biodiversidade e fornecimento de alimento. (BOSTRÖM et al., 2011a; COSTANZA et al., 1997).

### 2.1.1 Habitats estuarinos

Os habitats estuarinos contribuem para o desenvolvimento das espécies marinhas até que elas alcancem idade para o recrutamento, da mesma forma que são importantes durante todo o ciclo de vida das espécies residentes (HECK; HAYS; ORTH, 2003b). Esses ambientes são caracterizados por uma paisagem marinha que pode ser definida como um mosaico de manchas (ou habitats) que pode afetar o movimento e a sobrevivência dos organismos (BOSTRÖM et al., 2011b). A presença de diversos habitats estuarinos como capim marinho, praia arenosa e mangue, têm papel importante para os indivíduos jovens de peixes e invertebrados fornecendo abrigo e alimento e, sendo assim, considerados como áreas berçário (LACERDA; BARLETTA; DANTAS, 2014; NAGELKERKEN, 2009; NAGELKERKEN et al., 2015).

O habitat conhecido como capim marinho está presente em ecossistemas estuarinos, geralmente em águas rasas (BARBIER et al., 2011). Os campos de fanerógamos marinhas compõem uma paisagem representada pelos gêneros *Zostera* e *Posidonia* nas regiões temperadas e *Halophila* nas regiões tropicais (SHORT et al., 2007). Por conta dessa formação vegetal, apresentam alta produção primária e tem papel importante na cadeia trófica de ambientes costeiros (BECK et al., 2003; BOSTRÖM; JACKSON; SIMENSTAD, 2006). Os bancos de capim marinho nos estuários fornecem alimento e proteção principalmente para os juvenis que se

alimentam especialmente de invertebrados bentônicos (NAKAMURA et al., 2012).

As áreas compostas por vegetação de mangue foram uma das primeiras a ser descritas como berçário por oferecer proteção e abrigo contra predadores (LAEGDSGAARD; JOHNSON, 2001). Nessas áreas a abundância de indivíduos pode ser explicada pela complexidade estrutural que favorece ao acúmulo de vegetação, e conseqüentemente o aumento de invertebrados que servem de alimento para peixes jovens (LAEGDSGAARD; JOHNSON, 2001). Um fator que contribui para o aumento da abundância de alguns invertebrados no mangue é a sua proximidade com o capim, mostrando que a conectividade entre esses habitats é um fator ecológico importante (ACOSTA, 1999).

As praias, junto com o capim e o mangue são ambientes que provêm serviços ecossistêmicos e que, mesmo assim, ainda são pouco estudadas (BARBIER et al., 2011). Entre esses serviços estão proteção costeira, controle de erosão, transporte de sedimento e manutenção da biota tipicamente móvel e são de fácil adaptação às mudanças climáticas (BARBIER et al., 2011; BROWN; MCLACHLAN, 2002). As praias atuam como corredores e tem a função de manter a conexão entre a costa e o estuário, e mesmo não apresentando uma alta produtividade, esses habitats podem servir como área de proteção devido às suas águas rasas (LACERDA; BARLETTA; DANTAS, 2014). Por conta dessa conectividade existe a influência de mudanças físico-químicas, geradas pela sazonalidade, nos padrões de composição e diversidade de espécies (DA SILVA et al., 2018; LACERDA; BARLETTA; DANTAS, 2014).

### 2.1.2 Berçário estuarino

Os ambientes costeiros foram descritos há muito tempo como habitats de importância para indivíduos jovens de peixes e invertebrados e, por isso, chamados de ambientes berçário. Por muito tempo acreditava-se que os estuários como um todo funcionavam como berçário, no entanto estudos mais aprofundados notaram que

áreas mais específicas dentro do estuário seriam mais importantes para as populações, principalmente as com vegetação (ex; capim, áreas alagadas e mangues), isso porque nessas áreas as espécies são encontradas em grandes densidades utilizam esses ambientes para evitar predação e crescer (HECK; HAYS; ORTH, 2003a). Apesar do consenso sobre o funcionamento desses habitats como berçário, somente após BECK et al. (2001) criou-se parâmetros necessários para a classificação de berçário. Segundo (BECK et al., 2003) berçários são habitats em que a média de produção de indivíduos prontos para o recrutamento é maior se comparado com outros habitats em que os juvenis são encontrados. Por isso para um habitat ser berçário é necessário que ele contribua para o (1) aumento na densidade, (2) no crescimento dos indivíduos, (3) na sobrevivência de juvenis e (4) o movimento dos indivíduos (prontos para recrutamento) para habitats fora do berçário (BECK et al., 2001, 2003). A Definição desses parâmetros foi importante para entender como medi-los de forma que pudessem ser usados como ferramenta de conservação.

Estudos mais recentes propõem que os berçários também atuem como um mosaico de habitats funcionalmente conectados que proporcionam o movimento dos indivíduos entre habitats (NAGELKERKEN et al., 2015). No entanto esse movimento pode ser afetado pelo uso diferenciado desses habitats nas escalas temporal, espacial e até ontogenética (NAGELKERKEN, 2009).

### 2.1.3 Diversidade funcional ecossistemas aquáticos

A diversidade funcional segundo Tilman (2001) são aqueles componentes da biodiversidade que tem influência em diversos processos nos ecossistemas como produtividade e balanço de nutrientes, afetando assim o funcionamento ecossistêmico. Normalmente ao mensurar esses processos é necessário a identificação de traços funcionais, ou seja, aquelas características morfológicas, fisiológicas ou filgenéticas que podem ser medidas em cada indivíduo (Viole, 2007). Dessa forma os traços nos

ajudam a visualizar a capacidade dos indivíduos de exercer determinada atividade que interferem no fitness e no funcionamentos ecossistêmico. Os trabalhos pioneiros ligando diversidade e funcionamento ecossistêmicos tem ênfase principalmente em ambientes terrestres mostrando efeitos da diversidade funcional na fixação de oxigênio, de nitrogênio e na produção primária (Tilman 1997) e também ligando a perda de habitat e de espécies à redução de diversidade funcional (Bonvetrop et al 2019; Symstad,1998). Em ambientes aquáticos sabe-se que entre diferentes habitats estuarinos (ex.: mangue, praia arenosa e capim marinho) embora ocorram mudanças constantes em sua composição específica, a riqueza de espécies e a estrutura funcional é usualmente mantida, o que garante a manutenção da biodiversidade do ecossistema como um todo (DA SILVA et al., 2018; TEICHERT et al., 2018). Os índices tradicionais de estimativa de diversidade são bastante úteis para verificar a estrutura de comunidades, porém não nos permite entender a funcionalidade das espécies nos ecossistemas, assim a abordagem funcional tem sido uma importante ferramenta na ecologia (PETCHEY; GASTON, 2002). As relações entre a diversidade taxonômica e a funcional indicam que existem diferenças na estruturação funcional das comunidades, uma vez espécies presente no ambiente podem desempenhar funções distintas (complementaridade) ou duas ou mais espécies podem apresentar funções similares (redundância) (MICHELI; HALPERN, 2005). No trabalho de Mason *et al.* (2005) a diversidade funcional é definida simplesmente como “a distribuição de espécies e abundância de uma comunidade no espaço-nicho”. Porém, em uma visão mais completa, pode ser vista como componentes da diversidade que têm influência na dinâmica e produtividade do ecossistema, tendo assim um efeito significativo nos processos ecossistêmicos (TILMAN, 2001; TILMAN et al., 1997).

#### 2.1.4 Framework da equação de Price

O framework ecológico proposto por Fox é derivado da equação de Price da biologia evolutiva, onde é calculado as mudanças evolutivas na média dos fenótipos entre parentes e suas proles a partir da seleção natural e transmissão imperfeita. Na



extensão de Fox a equação pode ser usada para explicar as variações na função entre dois lugares em função das mudanças de riqueza e composição de espécies e seu funcionamento (Fox 2006). A comparação é feita entre um local mais diverso e outro que apresenta apenas uma parcela das espécies presentes no anterior, normalmente resultado de algum distúrbio. Segundo Fukami (2015) os distúrbios são os eventos abióticos que podem remover todos ou alguns indivíduos dessas áreas promovendo uma mudança da composição e riqueza nos habitats comparados.

A equação é composta de componentes que embora possam ser separados, são dependentes entre si. O primeiro componente é chamado de efeito da riqueza de espécies ou SRE que quantifica as diferenças na função entre as comunidades que são resultado da perda de espécies em si, ou seja, o quanto de função se altera com a perda de espécies de forma aleatória e independente da sua identidade. O segundo componente é o efeito da composição de espécies ou SCE são as diferenças nas funções que são atribuídas às diferenças na composição entre as duas comunidades comparadas depois de perda de espécies não aleatória. Apesar de serem semelhantes separar os componentes pode ser importante para identificar o real motivo das mudanças nas funções. (Fox 2006; Fox & Kerr 2012). Terceiro componente é o efeito de dependência de contexto ou CDE, onde é avaliado a variação da contribuição das espécies entre os locais comparados e consegue quantificar os fatores que causam modificações na contribuição funcional das espécies.

## Referências

- ACOSTA, C. A. Benthic dispersal of Caribbean spiny lobsters among insular habitats: Implications for the conservation of exploited marine species. **Conservation Biology**, v. 13, n. 3, p. 603–612, 1999.
- BARBIER, E. B. et al. The value of estuarine and coastal ecosystem services. **Ecological Monographs**, v. 81, n. 2, p. 169–193, maio 2011.
- BECK, M. W. et al. The Identification, Conservation, and Management of Estuarine and Marine Nurseries for Fish and Invertebrates. **BioScience**, v. 51, n. 8, p. 633, 2001.
- BECK, M. W. et al. The role of nearshore ecosystems as fish and shellfish nurseries. **Issues in Ecology**, v. 2003, n. 11, p. 1–12, 2003.
- BOSTRÖM, C. et al. Seascape ecology of coastal biogenic habitats: Advances , gaps, and challenges. **Marine Ecology Progress Series**, v. 427, n. April, p. 191–217, 2011a.
- BOSTRÖM, C. et al. Seascape ecology of coastal biogenic habitats: Advances , gaps, and challenges. **Marine Ecology Progress Series**, v. 427, p. 191–217, 2011b.
- BOSTRÖM, C.; JACKSON, E. L.; SIMENSTAD, C. A. Seagrass landscapes and their effects on associated fauna: A review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 68, n. 3–4, p. 383–403, 2006.
- BROWN, A. C.; MCLACHLAN, A. Sandy shore ecosystems and the threats facing them: some predictions for the year 2025. **Environmental Conservation**, v. 29, n. 01, p. 62–77, 5 mar. 2002.
- COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, n. 6630, p. 253–260, maio 1997.
- DA SILVA, V. et al. Spatial distribution of juvenile fish species in nursery grounds of a tropical coastal area of the south-western Atlantic. **Acta Ichthyologica et Piscatoria**, v. 48, n. 1, p. 9–18, 31 mar. 2018.
- DAY JR, J. W., KEMP, W. M., YÁÑEZ-ARANCIBIA, A., & CRUMP, B. C. (EDS. . **Estuarine ecology**. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2012. v. 234
- DYER, K. R. Estuaries: a physical introduction. [s.l: s.n.].
- FAIRBRIDGE, R. W.; RW, F. The estuary: its definition and geodynamic cycle. 1980.
- HECK, K. L.; HAYS, G.; ORTH, R. J. Critical evaluation of the nursery role hypothesis for seagrass meadows. **Marine Ecology Progress Series**, v. 253, n. May, p. 123–136, 2003a.

HECK, K. L.; HAYS, G.; ORTH, R. J. Critical evaluation of the nursery role hypothesis for seagrass meadows. **Marine Ecology Progress Series**, v. 253, n. May, p. 123–136, 2003b.

LACERDA, C. H. F.; BARLETTA, M.; DANTAS, D. V. Temporal patterns in the intertidal faunal community at the mouth of a tropical estuary. **Journal of Fish Biology**, v. 85, n. 5, p. 1571–1602, nov. 2014.

LAEGDSGAARD, P.; JOHNSON, C. Why do juvenile fish utilise mangrove habitats? **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 257, n. 2, p. 229–253, 2001.

MCLUSKY, D. S.; ELLIOTT, M. The Estuarine Ecosystem. **Cambridge: Oxford University Press**, 2004.

NAGELKERKEN, I. Ecological Connectivity among Tropical Coastal Ecosystems. **Dordrecht: Springer Netherlands**, 2009. v. 112

NAGELKERKEN, I. et al. 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.

NAKAMURA, Y. et al. Variability in nursery function of tropical seagrass beds during fish ontogeny: Timing of ontogenetic habitat shift. **Marine Biology**, v. 159, n. 6, p. 1305–1315, 2012.

SHORT, F. et al. Global seagrass distribution and diversity: A bioregional model. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 350, n. 1–2, p. 3–20, 2007.

VENECIA, S. DE. Symposium on the classification of brackish waters, Venice April 8-14, 1958. **Archives Oceanography and Limnology**, v. 11, n. sSuppl, 1958.

### **3 . Riqueza de peixes e funções ecossistêmicas em habitats estuarinos tropicais**

**Autores: Daniele Souto Vieira<sup>1</sup>, Victor Emmanuel Lopes da Silva<sup>1</sup>, Nídia Noemi Fabré<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Laboratório de Ecologia Peixes e Pesca, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Brasil

**Resumo:** Os processos que regem à montagem de comunidades biológicas são responsáveis pelas alterações que ocorrem na composição de espécies e, por consequência, nas funções ecossistêmicas desempenhadas por tais comunidades. Em estuários, a composição e o estabelecimento de espécies são limitados principalmente por flutuações que ocorrem nos níveis de salinidade em resposta às mudanças sazonais da pluviosidade. Além disso, a alta disponibilidade de habitats presente nestes ecossistemas proporciona um mosaico funcionalmente que facilita o movimento de indivíduos e mudanças na composição de espécies. Assim, objetivamos testar se existe a complementaridade funcional espacial e temporal entre os habitats praia, mangue e capim em estuários do Atlântico sul tropical. A abundância e riqueza dos guildas e uso de habitat foram maiores durante o período de chuvas, no entanto, a contribuição funcional dos estuarinos foi maior durante a seca e no mangue. A contribuição funcional em relação a guildas tróficas também apresentou diferenças em relação à pluviosidade, os piscívoros e carnívoros tiveram maior contribuição em períodos chuvosos na praia. A trajetória da riqueza de espécie e função ecossistêmica variou de forma cíclica nos três habitats influenciada principalmente pelos ciclos de chuvas. De forma que há perda de espécies durante a estação seca e um ganho durante a estação chuvosa. Os habitats estuarinos apresentam diferentes composições funcionais, demonstrando assim sua complementaridade funcional e a necessidade e manutenção da conectividade de habitats que mantem o mosaico estuarino.

**Palavras chave:** Sazonalidade, função ecossistêmica, diversidade funcional.

### 3.1 Introdução

Um dos temas centrais da ecologia gira em torno da compreensão dos fatores que regem a montagem de comunidades bióticas. De modo geral, a estrutura de uma comunidade biológica, pode ser determinada por processos estocásticos e/ou determinísticos que controlam a adição e persistência das espécies nos ecossistemas (CLEMENTS, 1916; DIAMOND, 1975; FUKAMI et al., 2005). Na montagem determinada por processos estocásticos, o estabelecimento das espécies nas comunidades é influenciado por eventos aleatórios como dispersão, colonização e mortalidade (CHASE, 2003; FUKAMI, 2015). Em contrapartida, quando os processos determinísticos são a força atuante, a presença das espécies é dependente do nicho ocupado pelas espécies e seus níveis de tolerância, que podem ser influenciados por fatores bióticos e abióticos (LI et al., 2019). Dessa forma, a composição específica das assembleias é tipicamente resultado da associação entre esses processos internos da própria comunidade (ex.: interações entre espécies e indivíduos) e de fatores externos (ex: mudanças sazonais) que atuam como filtros ambientais, facilitando ou dificultando a incorporação de espécies em determinada comunidade (FUKAMI, 2015; TILMAN et al., 1997). Tudo isso em conjunto pode resultar no ganho ou perda de espécies e alterações das funções ecossistêmicas (BANNAR-MARTIN et al., 2018).

Espera-se que a relação entre funções e diversidade seja linear, e um aumento de riqueza pudesse levar ao aumento de funções, no entanto alguns trabalhos mostram que esse padrão nem sempre é possível em comunidades reais (SCHWARTZ et al., 2000) e as funções podem aumentar mesmo com baixa diversidade, TILMAN et al. (1997) também sugere que a composição e a diversidade funcional são mais determinantes para o processos ecossistêmicos que riqueza. Ou seja, a amplitude do ganho ou perda de função gerada pela aumento ou diminuição da riqueza, vai depender da identidade das espécies perdidas (SYMSTAD et al., 1998). É importante lembrar que essa relação pode mudar de acordo com a função testada (BENGTSSON, 1998). Os padrões resultantes das relações entre a diversidade taxonômica e a funcional indicam que existem diferentes performances, uma vez que espécies presentes no ambiente

podem desempenhar funções distintas (complementaridade) ou duas ou mais espécies podem apresentar funções similares (redundância) (MICHELI; HALPERN, 2005).

Na busca do entendimento da diversidade funcional somado à importância da identidade das espécies na sua funcionalidade, foi recentemente proposto o conceito de montagem da comunidade e função ecossistêmica (CAFE-Community Assembly and the Functioning of the Ecosystems). A abordagem CAFÉ é sustentada por três processos chaves 1. a perda de espécies, 2. o ganho de espécies e 3. as mudanças na abundância e na função das espécies residentes (BANNAR-MARTIN et al., 2018). E a partir desses processos o framework do CAFÉ explica as mudanças na função entre duas comunidades mensurando um valor médio de função que cada espécie que vai se adicionando na comunidade permitindo que seja estimado o valor individual de cada espécie para o funcionamento ecossistêmico. Tal abordagem, entretanto, ainda é pouco utilizada em ecossistemas aquáticos, resultando na falta de compreensão dos processos que explicam a relação espécies-funções, principalmente em ambientes de alta diversidade e complexidade como os estuários.

A paisagem estuarina pode ser entendida como o resultado da diversidade de habitat e dinâmica físico-química que promovem alta heterogeneidade ambiental nos estuários. Estas características podem filtrar a quantidade de espécies que estão capacitadas para persistir em condições locais (HARRISON; WHITFIELD, 2012), afetando a montagem da comunidade. De fato, trabalhos recentes mostram que somente uma parcela do pool de espécies de peixes estuarinos conseguem se estabelecer devido aos processos de filtros ambientais (ex: salinidade) (TEICHERT et al., 2018). Esse pool de espécies compõem as conhecidas espécies estuarinas residentes (ELLIOTT et al., 2007), que se caracterizam por completarem seu ciclo de vida dentro dos estuários. A comunidade de peixes nos ecossistemas estuarinos na escala local pode ser explicada pela qualidade e heterogeneidade de habitat, bem como pelas mudanças sazonais (TEICHERT et al., 2018). É esperado que somente uma proporção limitada de espécies de peixes (espécies residentes) esteja apta a se estabelecer localmente devido aos processos de filtros ambientais. O principal filtro

ambiental para os peixes nos estuários é a salinidade devido às limitações fisiológicas impostas pela osmorregulação (BARLETTA, 2004; BLABER, 2013; OLIVEIRA, 1993).

Os diversos tipos de habitats estuarinos e costeiros como recifes, praia, capim e mangue podem conformar um mosaico funcionalmente conectado influenciando o movimento de indivíduos entre habitats (NAGELKERKEN et al., 2015), e alterando a composição específica destas áreas.. Essa movimentação de espécies pode ser associada ao uso de habitat estuarinos afeta a perda e ganho de espécies de peixes em processos cíclicos temporais relacionados principalmente a fatores climáticos (SHEAVES et al., 2014). Interações ecológicas entre paisagens dentro desse mosaico de habitats são importantes para manter a produtividade, transferência trófica e funcionalidade estuarina. Esse mosaico funcional atrelado à variabilidade sazonal estuarina parece criar um efeito de complementaridade entre estas habitats, resultando na continuidade e conservação dos processos ecossistêmicos (BLÜTHGEN; KLEIN, 2010).

Para estuários tropicais Neto et al. (2014), relata que o período de chuvas mais intenso leva ao aumento da vazão dos rios e da produtividade primária medida pela clorofila-a. Além disso, o incremento da produção primária na região costeira pode ser associada ao processo de estuarização que torna homogênea as condições abióticas, como os níveis de salinidade e produtividade, entre estuários e regiões costeiras (PASSOS et al., 2013). Nos estuários tropicais a variação sazonal da salinidade é determinada pelo nível pluviométrico, e esta dinâmica é o que proporciona variações sazonais raras na composição de espécies e de guildas funcionais nas assembleias de peixes estuarinos (FERREIRA et al., 2019). Essas variações ocasionadas pela pluviosidade pode ter impacto também nas funções. Com o aumento das chuvas a distribuição de recursos se torna mais homogênea favorecendo o ganho de espécies e portanto espera-se um aumento da coexistência das espécies e em consequência o aumento nas funções ecossistêmicas. Por outro lado, a função pode ser afetada pela extinção de espécies, mas isso pode ser compensado quando uma espécie usa o recurso menos abundante de forma mais eficiente (LEIBOLD et al., 2017). Apesar disto,

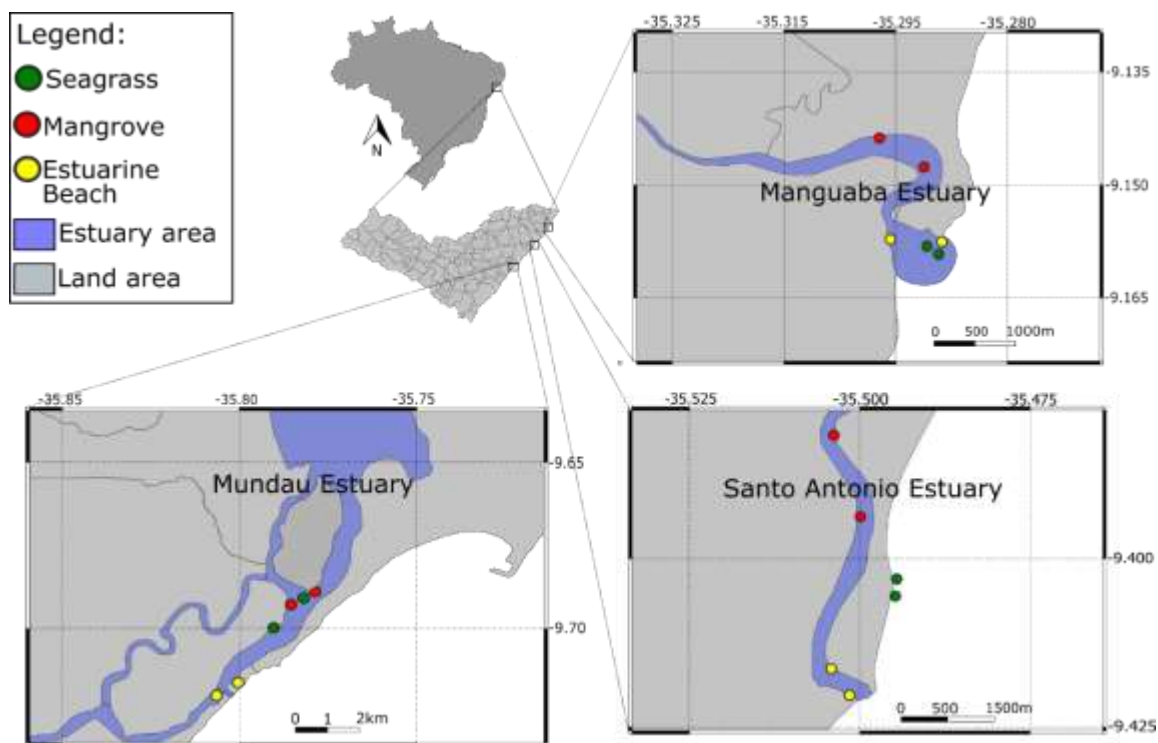
ainda não está claro como essas mudanças afetam as funções ecossistêmicas ao longo do tempo. Considerando que a ocupação e disponibilidade de habitats estuarinos e as variações sazonais conduzidas pela pluviosidade, influenciam a montagem das comunidades de peixes e que a forma como essas comunidades são formadas interfere nas funções ecossistêmicas, cabe-se perguntar: (1) a variação sazonal na riqueza de espécies altera as funções ecossistêmicas dos habitats estuarinos? (2) Quais os grupos tróficos ou de uso de habitat influenciam na mudança das funções ecossistêmicas dos habitats estuarinos? (3) Há complementaridade funcional entre os habitat relacionada com a trajetória da montagem das comunidades?



## 3.2 Material e Métodos

### 3.2.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada na ecoregião Sudoeste do Atlântico (SPALDING et al., 2007) tropical (figura 1) e é caracterizada por um clima tropical e úmido, marcado por um período de seca e um chuva. A precipitação média anual na região é de 1328mm, havendo maior incidência de chuvas entre os meses de abril a julho e os períodos mais secos compreendidos entre novembro a dezembro (NERY et al., 1998; PAREDES-TREJO; BARBOSA; SPATAFORA, 2018). Três estuários no nordeste do Brasil foram amostrados, o estuário do rio Manguaba ( $9^{\circ} 9' 28''$  S,  $35^{\circ} 17' 42''$  W ), o do rio Santo Antônio ( $9^{\circ} 24' 18''$  S,  $35^{\circ} 30' 25''$  W) e no complexo estuarino lagunar Mundaú-Manguaba rio Mundaú ( $9^{\circ} 39' 57''$  S,  $35^{\circ} 44' 6''$  W) .



**Figura 1.** Mapa da área de coleta identificando os pontos amostrados.

Os estuários apresentam um mosaico de habitats berçário formado principalmente por praias, mangue e capim marinho no baixo estuário. As praias estuarinas localizadas próximo à boca do estuário apresentam águas rasas com média de 1,5m e tem a estrutura da sua comunidade determinada pela dinâmica das marés (BROWN; MCLACHLAN, 2002). O habitat de capim marinho formado por fanerógamas marinhas, que na região tropical é formada principalmente por representantes dos gêneros *Halodule*, (MARQUES; CREED, 2008) e tem seu crescimento influenciado pelas variações de salinidade. O ciclo de vida das fanerógamas marinhas está normalmente associado as mudanças sazonais, de forma que a germinação das sementes iniciam em épocas de baixa salinidade e alta temperatura, já o pico de crescimento e biomassa ocorre no verão (MARQUES; CREED, 2008). Os manguezais nesta região estão representados *Rhizophora mangle*, *Avicennia schaueriana*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* e *Conocarpus erectus* (DA SILVA et al., 2018; PESSANHA et al., 2015).

As amostragens foram realizadas mensalmente de julho de 2017 a junho de 2018, sendo dois pontos de coleta em cada um dos três habitats (praia, capim e área adjacente ao mangue). Foi utilizada uma rede de arrasto de praia de 12x3m, com fundo de copo, com malha de 12x12mm entre nós opostos. Cada arrasto teve duração de 20 minutos, sendo a área varrida média de 80m<sup>2</sup>. Todos os peixes capturados foram levados para o laboratório, identificados a nível de espécie (MENEZES et al., 2015; MENEZES; FIGUEIREDO, 1980, 1985). De cada exemplar foi registrado o comprimento total em milímetro e o peso total em gramas, sendo este último utilizado para estimar a biomassa por arrasto.

### 3.2.2 Traços funcionais e função ecossistêmica

Para a caracterização funcional das assembleias foram incluídas as espécies que juntas somaram 85% da biomassa total. Para cada espécie obtidas informações sobre uso do habitat ao longo do seu ciclo de vida e sobre a dieta alimentar para definir o guilda trófico e de uso de habitat estuarino. Todas as espécies foram classificadas em guildas funcionais de uso de habitat como estuarino residente, marinho migrante e

marinho vagante; e de guilda trófico como carnívoro, piscívoro, omnívoro e os que se alimentam de invertebrados (ELLIOTT et al., 2007; FERREIRA et al., 2004).

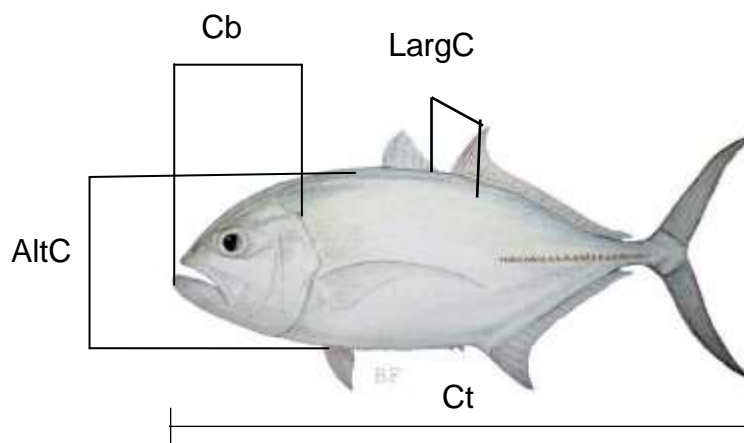
Relações ecomorfológicas lógicas (Tabela 1), foram estimativa para definição dos traços funcionais tróficos e de mobilidade ou uso de habitat. As variáveis contínuas utilizadas foram o comprimento total do peixe (Ct), comprimento da cabeça (Cb), altura do corpo (AltC), largura do corpo (LarC) todos medidos em (Figura 2). Todas as medidas em milímetros foram obtidas com auxílio de um paquímetro. A partir das medidas foram calculados os índices ecomorfológicos de altura relativa do corpo e área do corpo que indicam a capacidade de mobilidade das espécies e o índice de comprimento relativo da cabeça e o tipo de dente que foram utilizados como traços tróficos (Quadro 1). Para retirar o efeito das possíveis variações ontogenéticas todos os dados foram corrigidos pelo tamanho esperado da espécie, ou seja, as medidas morfológicas foram relacionadas como comprimento total médio das espécies (LLEONART; SALAT; TORRES, 2000). Como variável categórica para complementar a definição dos traços tróficos foram utilizadas informações sobre tipo de dente segundo literatura (ver Quadro 1).

Para testar se as diferenças geográficas entre estuários era suficiente para provocar mudanças na comunidade ictiicas foi utilizada uma PERMANOVA com os valores de biomassa das guildas tróficas e de mobilidade nos três estuários. O resultado mostrou que não houve diferença entre estuários ( $p < 0,05$ ) por isso os dados de todos os estuários foram agrupados em um único dataset para a análise da trajetória funcional.

Para obter uma medida de função ecossistêmica agrupando todos os traços foi utilizada um análise multivariada para dados mistos PCAmix. A análise combina a análise de componentes principais (PCA) (em que as variáveis respostas são categóricas) e análise múltipla correspondência (MCA) (em que as variáveis respostas são contínuas), dessa forma é possível a utilização de dados categóricos e contínuos no teste para visualizar possíveis correlações entre as variáveis. Foi utilizado como base uma matriz cujas linhas foram as 26 espécies (85% da biomassa total observada) e as

colunas os 5 traços funcionais contínuos e categóricos descritos no Quadro 1. O primeiro PC explicou 38,7 % da variabilidade total. Os traços que melhor explicaram a variância na primeira dimensão foram traços tróficos representado por: índice ecomorfológico (Comprimento relativo da cabeça) (squared = 0,93) e tipo de dentes (squared = 0,70) e os traços associados a mobilidade representados por capacidade de natação (Área do corpo) (squared = 0,90) e capacidade dos peixes de fazer movimentos verticais (Altura relativa do corpo) (squared = 0,90). Dessa forma os escores do primeiro PC foram assumidos como indicadores de função das espécies no que tange a uso de habitat e de recursos alimentares, por isso o os valores de PC1 das espécies em cada habitat foi usado na equação de Price para estimativa de função média das espécies.

Uma PERMANOVA foi realizada utilizando os escores das espécies para testar diferenças significativas nos valores de função das espécies entre os habitats estuarinos e bimestres ao longo do ano. Diferenças entre habitat são interpretadas como existência de complementariedade funcional entre habitat e existência de mosaico de habitat de criação nos estuários. A PERMANOVA mostrou que existe diferenças significativas na composição dos traços entre os habitats e entre os bimestres ( $p < 0,005$ ) com exceção dos dois primeiros bimestres da estação chuvosa.



**Figura 2.** Medidas morfológicas utilizadas nos índices ecomorfológicos utilizados para os traços funcionais. AltC= altura do corpo, Ct= comprimento do corpo, LarC= largura do corpo e Cb= comprimento da cabeça.

**Tabela 1.** Traços de mobilidade e tróficos utilizados para calcular a diversidade funcional e suas funções. AltC= altura do corpo, Ct= comprimento do corpo, LarC= largura do corpo e Cb= comprimento da cabeça

	Classificação	Função	Referência
Traços de mobilidade	Altura relativa do corpo ( AltC/Ct)	Relacionado à capacidade de fazer movimentos verticais	(GATZ JR, 1979)
	Área do corpo (AltC*LarC/Ct <sup>2</sup> )	Corpo tipicamente mais alongado indica maior capacidade de nataçã	(SIBBING; NAGELKERKE, 2000)
	Marinho Migrante	Espécies que desovam no mare frequentemente entram nos estuários, principalmente os juvenis	(ELLIOTT et al., 2007)
	Estuarino residente	Espécies que completam seu ciclo de vida dentro do estuário	(ELLIOTT et al., 2007)
	Marinho vagante	Espécies que desovam no mar e podem, ocasionalmente, entrar nos estuários	(ELLIOTT et al., 2007)
Traços tróficos	Comprimento relativo da cabeça (Cb/Ct)	Cabeça relativamente mais larga indica maior capacidade de lidar com presas maiores	(WATSON; BALON, 1984)
	Dentes cônicos	Dentes com função de segurar as presas. Presente em espécies em que as presas têm grande mobilidade.	(DE AZEVEDO BEMVENUTI; FISCHER, 2010; TEIXEIRA; BENNEMANN, 2007)

**Tabela 1** . Traços de mobilidade e tróficos utilizados para calcular a diversidade funcional e suas funções. Alt<sub>c</sub>= altura do corpo, Ct= comprimento do corpo, LarC= largura do corpo e Cb= comprimento da cabeça

	Classificação	Função	Referência
Traços tróficos	Dentes viliformes	Dentes pequenos e pontiagudos. Típico em espécies filtradoras	(DE AZEVEDO BEMVENUTI; FISCHER, 2010)
	Dentes caninos	Dentes com função de segurar as presas. Geralmente encontrado em predadores.	(DE AZEVEDO BEMVENUTI; FISCHER, 2010; TEAFORD; SMITH; FERGUSON, 2007)
	Dentes molares	Dentes com função de esmagar alimentos. Tipicamente presente em espécies que alimentam de presas duras.	(DE AZEVEDO BEMVENUTI; FISCHER, 2010; TEAFORD; SMITH; FERGUSON, 2007)
	Carnívoros	Alimentam-se de organismos bênticos e peixes	(FERREIRA et al., 2004)
	Onívoros	Obtém energia de fontes animais e vegetais	(DORN; WOJDAK, 2004)
	Invertívoros	Alimentação baseada em invertebrados bênticos móveis	(FERREIRA et al., 2004)
	Piscívoros	Alimentam-se somente de peixes	(ELLIOTT et al., 2007)

### 3.2.3 Trajetoria funcional: Abordagem Community Assembly and the Functioning of the Ecosystems – CAFE

Para identificar como a dinâmica sazonal influencia nas mudanças de riqueza e de composição e como isso afeta a trajetória das funções ecossistêmicas nos habitats estuarinos, a sequência temporal de 12 meses foi organizada em 6 bimestres, tendo como ponto inicial os dois primeiros meses da estação chuvosa (maio- junho) até o final

da estação seca (fevereiro – março).

Para entender as mudanças na trajetória de montagem da comunidade e como isso altera as funções temporalmente em cada habitat do mosaico, foi usada abordagem CAFE (Community Assembly and the Functioning of the Ecosystems) (BANNAR-MARTIN et al., 2018). CAFE assume que mudanças no funcionamento ecossistêmico estão atreladas a mudanças na riqueza, abundância relativa e na função das espécies residentes (espécies que são compartilhadas pelas comunidades). No presente estudo as espécies residentes representam aquelas que completam seu ciclo de vida no estuário (POTTER et al., 2015) (ver Tabela 1 Apêndice). A versão ecológica da equação de Price, adaptada por FOX (2006), serve como ferramenta para explicar as mudanças no ganho e perda de espécies e funções ecossistêmicas usadas na abordagem CAFE. A equação de Price quantifica a forma que cada espécie contribui para as diferenças nas funções ecossistêmicas entre duas comunidades base (inicial) e de a comunidade a ser comparada após as mudanças (BANNAR-MARTIN et al., 2018).

Uma forma de melhor entender a montagem da comunidade e como isso afeta nas funções, é avaliar como as perturbações bióticas e abióticas alteram tanto a composição quanto a riqueza das comunidades de base e a de comparação ao longo do tempo, assumindo que o ciclo sazonal de chuvas provoca perturbações nos diferentes habitat berçário dos estuários tropicais (SHEAVES et al., 2014; WILSON; SHEAVES, 2001). Logo avalia como alterações do funcionamento ecossistêmico podem ser explicados por mudanças na composição da comunidade. O framework do CAFE propõe quantificar o quanto da mudança das funções ecossistêmicas é resultado da identidade (composição) e da função das espécies. Par tal, o método tenta isolar os efeitos da mudança do número de espécies dos efeitos causados pela variação na composição gerando vetores que o ganho e perdas de espécies e seu efeito de riqueza das comunidade inicial (no presente trabalho tempo inicial: mês de abril - início do período chuvoso – conformado o bimestre 1, em relação ou bimestre subsequente (tempo final) e assim por diante até concluir o ciclo sazonal representado por 6 bimestres ao longo do ano.

Em resumo, a equação usa o número de espécies em cada comunidade, o número de espécies que são comuns, a função média de cada espécie em cada comunidade e as funções compartilhadas pelas comunidades (BANNAR-MARTIN et al., 2018; FOX, 2006). A partir desses valores são decompostos os seguintes vetores:

O vetor Riqueza (SR) é representado matematicamente por:

$$SR = \sum (\bar{L} + \bar{G}), \text{ onde}$$

L = número de espécies perdidas entre a comunidade inicial e de final.

G = número de espécies ganhas entre a comunidade inicial e de final.

O vetor Efeito Composição total na Função (TCL) captura os efeitos relacionados à identidade das espécies em relação ao alto ou baixo impacto no funcionamento ecossistêmico dentro da comunidade.

O vetor (TCL) é representado matematicamente por:

$$TCL = \sum (C + \bar{L} + \bar{G}), \text{ onde}$$

C = mudanças de função das espécies entre a comunidade inicial e de final de cada bimestre ao longo da trajetória.

L = mede o efeito da perda de função ecossistêmica em função da perda de espécies. Calculado como a diferença entre o valor da função média das espécies (estimada pelo total do período) e valor da espécie perdida no bimestre.

G = mede o efeito do ganho de função ecossistêmica em função da entrada de espécies. Calculado como a diferença entre o valor da função média das espécies (estimada pelo total do período) e valor da espécie ganha no bimestre.

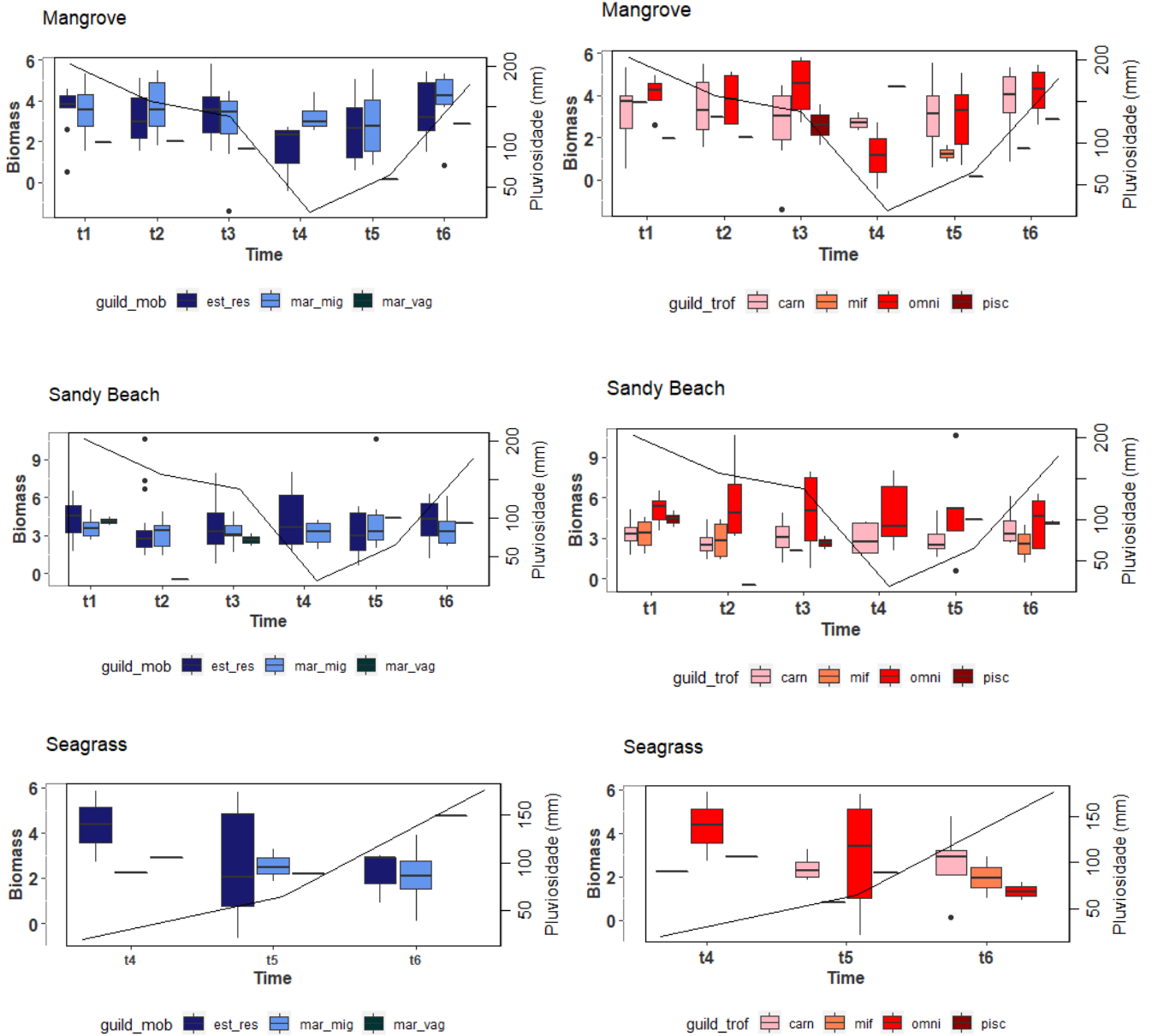
Os pontos fortes dessa abordagem incluem isolar os efeitos da alteração funcional gerado pela diferença na riqueza entre as comunidades de base e comparação, suprimindo detalhes sobre diferenças de composição para focar no efeito composicional líquido



### 3.3.Resultados

#### 3.3.1 Distribuição temporal e espacial das assembleias ictícas

Foram coletados 2066 indivíduos, distribuídos em 29 espécies. A riqueza de espécies no período chuvoso (n=22) e no período seco (n=23) foi semelhante, diferente do número de indivíduos que foi maior no período de chuvas ( $p < 0,01$ ). O capim foi o habitat que apresentou mais espécies 26, seguido do mangue 24 e praia 22. Dessas, 16 espécies foram comuns aos 3 habitats, 3 em 2 habitats, *Lutjanus synagris*, *Larimus breviceps* e *Conodon nobilis* foram exclusivas do capim e *Centropomus parallelus* exclusiva do mangue (Tabela 2, Apêndice ). *Sphoeroides testudineus* apresentou maior biomassa em todos os habitats sendo seguida de *Cathorops spixi* no mangue, *Atherinella brasiliensis* na praia e *Conodon nobilis* no capim. No mangue as espécies estuarinas residentes e as onívoras estiveram presentes durante todo o ano (figura 3), porém a biomassa dessas guildas diminui com a pluviosidade favorecendo o aumento das guildas marinho migrante e piscívora. Tanto as espécies estuarinas como as marinhas estiveram presentes na praia durante a estação chuvosa, no entanto a biomassa de espécies estuarinas foi maior nos bimestres de menor pluviosidade (t3 ao t6). O habitat capim somente está disponível nos bimestres de seca (t3 ao t6), de forma que nos meses de menor pluviosidade as guildas estuarinas e onívoras apresentaram maior biomassa e com o fim da estação seca e início da chuvosa (t6) há um aumento de espécies marinhas migrantes e carnívoras.



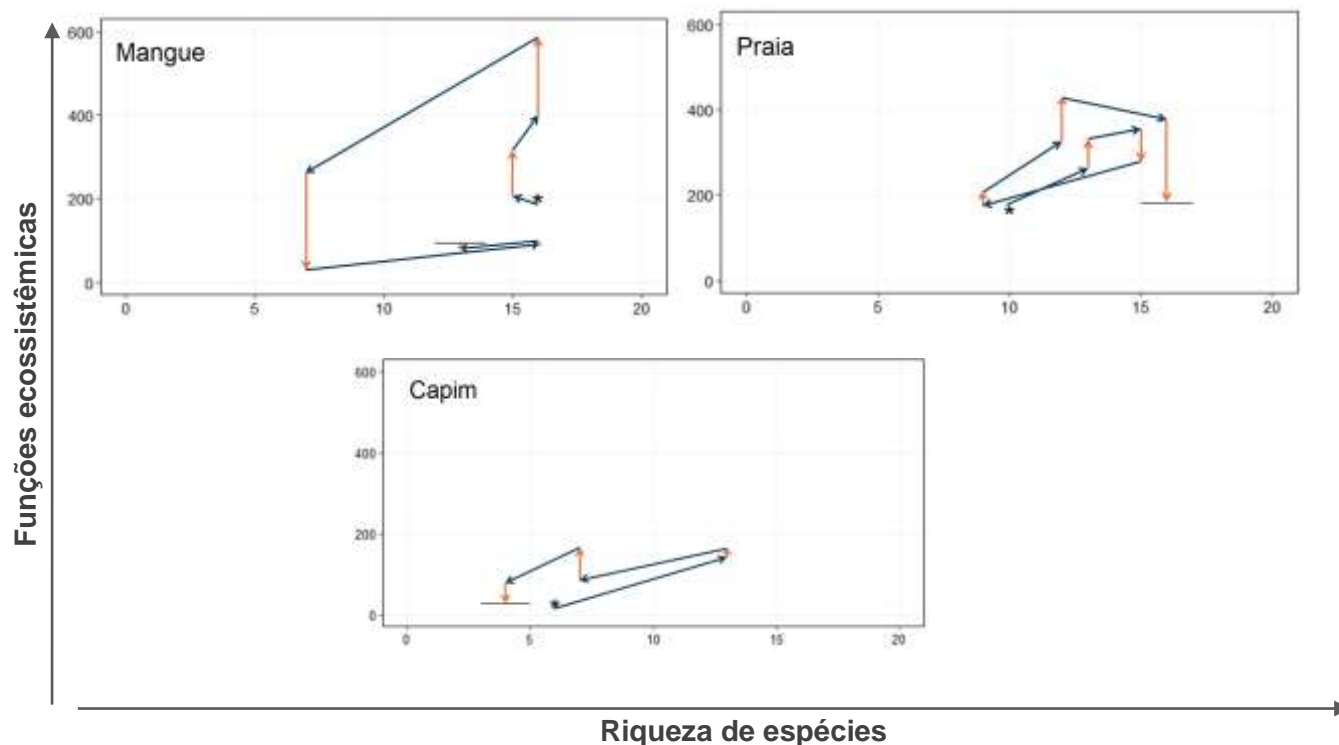
**Figura 3.** Variação da biomassa (g/m<sup>2</sup>) por guilda de uso de habitat (est\_res= estuarinos residentes Mar\_mig= marinho migrantes e mar\_vag= marinho vagantes ) e guilda trófica (carn= carnívoros, mif=invertívoros, omni= onívoros e pisc= piscívoros) por bimestre (t1 a t6) ao longo do ano amostrado. A linha preta contínua representa os dados de pluviosidade obtidos do site Semarh (Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos hídricos de Alagoas).

### 3.3.2 Trajetória funcional atrelada a dinâmica estuarina

No início da estação chuvosa o mangue apresenta um aumento das funções ecossistêmicas (vetor verde claro) mesmo com a perda de espécies (vetor verde escuro) (Figura 4). Porém, o período que marca a transição entre o final da estação chuvosa e o início da seca ( $t_3$ ) é onde ocorre uma perda acentuada de espécies em sua maioria das guildas piscívoras, que conseqüentemente afetou de forma negativa as funções. A partir do final dos bimestres de seca, caracterizados pelo aumento da chuva, ocorre um ganho de espécies e aumento de biomassa de onívoros e pouca alteração nas funções, resultando num padrão de riqueza-função semelhante à estação de chuvas.

Da mesma forma que ocorre no mangue a praia obteve um ganho de espécie e função nos primeiros meses de chuva seguido de diminuição de riqueza e função com o final das chuvas, retornando a um cenário próximo ao início da trajetória. Nos meses de transição entre seco e chuvoso há um ganho de espécies e função, no entanto o fim do período seco o número de espécies e as funções são menores que na estação chuvosa.

O capim foi o único habitat que apresentou mais espécies no início da estação seca, implicando no maior ganho de função, a partir da incorporação de espécies marinho vagantes, onívoras e carnívoras. Esse habitat em particular é o que apresenta maior mudança estrutural entre estações, pela ausência das fanerógamas durante o período chuvoso devido ao seu ciclo de vida.



**Figura 4.** Gráfico indicando as mudanças temporais na função ecossistêmica (vetor CE vermelho) e na riqueza de espécies (vetor SR) a partir do primeiro bimestre da estação chuvosa (asterisco) até o último bimestre da estação chuvosa (traço preto).

### 3.4. Discussão

A variação sazonal imposta pelos níveis pluviométricos nos estuários tropicais estudados, define uma trajetória funcional explicada pelo ganho ou pela perda de espécies de peixes que usam os habitats de criação mangue, praia e capim. Considerando o início da trajetória funcional como o mês mais chuvoso (abril) a resposta na montagem da comunidade resulta diferente entre mangue e praia. Apesar da perda de espécies no primeiro bimestre chuvoso as funções ecossistêmicas aumentam no mangue o que pode ser relacionado ao incremento da onívora das espécies estuarinas residentes. Funcionalmente a praia tem ganho de espécies e funções, e se distingue do mangue pelo predomínio de marinho migrantes, carnívoras e

piscívoras. Com o advento da estiagem (mês outubro; bimestre 3) há perda de espécies e funções ecossistêmicas e nos três habitats. As funções mantidas na estiagem ficam sob a responsabilidade do omnívoros e marinho migrantes na praia e capim, entanto que os peixes estuarino residentes continuam mantendo a funcionalidade no mangue.

A montagem de assembleias associada à trajetória funcional pressupõe um distúrbio que pode remover a maioria dos indivíduos ou espécies de 'habitat patch' (Fukami, 2015). Existem muitos fatores que podem afetar a distribuição das espécies de peixes em ambientes estuarinos, tais como temperatura, profundidade ou produtividade primária (CASTILLO; BARBIERI; GONZALEZ, 1996; MILLS; SCHIAVONE, 1982). Porém, a variação da salinidade é o que possui maior influência sobre essas comunidades (BARLETTA, 2004; BLABER, 2013; SOSA-LÓPEZ et al., 2006). No presente trabalho entendemos que o aumento da pluviosidade provoca uma diminuição da salinidade, fato que limita a permanência ou entrada de espécies marinhas no estuário, as quais são limitadas fisiologicamente pela incapacidade de osmoregulação (HERBST, 2001; SOSA-LÓPEZ et al., 2006). Neste contexto, o grupo funcional estuarino-residentes sofrem "as mudanças na abundância e na função das espécies residentes", conforme a abordagem CAFE. Este grupo de peixes usa os estuários ao longo de todo seu ciclo de vida e tem a capacidade de explorar a alta diversidade de macrofauna presentes em habitats estuarinos (NAGELKERKEN et al., 2008), de tal forma que este grupo funcional permanecem no estuário ao longo da trajetória imposta pela pluviosidade. Nos nossos resultados isto pode ser evidenciado pelas variações na abundância dos peixes estuarino residentes, ocorrendo aumento da biomassa no período de chuvas e diminuição na estiagem no mangue e na praia (Figura 2). Nos estuários estudados a onivoria no mangue é representada pelas espécies de Tetradontidae (baiacus), Ariidae (bagres) e Atherinidae (peixe rei) que podem explicar o aumento de funções ecossistêmicas, por aumento da diversidade de fontes alimentares, compensando a perda de espécies (WALLACE; WEBSTER, 1996) Durante a trajetória temporal as espécies residentes usam os diferentes habitats estuarinos explorando diferentes recursos tróficos e afetando a biomassa e composição funcional dentro do

estuário (DA SILVA et al., 2018; NAGELKERKEN et al., 2008), verificaram que as espécies tipicamente residentes usam o mangue e praia durante a época de chuvas à procura de proteção e de alimentação, como observado no presente trabalho. Entendemos que as espécies estuarino residentes têm um papel funcional chave na manutenção das funções ecossistêmicas associadas otimização da exploração de recursos alimentares nos diversos habitat estuarinos, propiciando a complementaridade funcional dentro do estuário.

Diferente do mangue o incremento de funções ecossistêmicas na praia no período chuvoso pode ser associado ao ganho de espécies piscívoras marinho vagantes e marinho migrantes tais como espécies da família Carangidae (xaréu) e Bellonidae (agulhinhas) e espécies carnívoras marinho migrantes das famílias Lutjanidae (Ciobas). Características de habitat como baixa turbidez e alta produtividade da praia (BROWN; MCLACHLAN, 2002; CYRUS; BLABER, 1992) aumentam a probabilidade da entrada de espécies de maior tamanho como e ciobas para se alimentar de outros peixes. Ainda, no período de chuvas há o aumento da vazão dos rios que gera o conhecido processo de estuarilização (LONGHURST; PAULY, 1987). Este fenômeno se acentua em regiões neríticas de plataforma estreita como é o caso da área de estudo, tornando as condições costeiras semelhante às estuarinas em termos de níveis de produtividade. PASSOS et al., (2013), (PASSOS et al., 2013), verificaram que o trânsito das espécies estuarinas nos na região nerítica aumenta de forma significativa a diversidade funcional da região, superando inclusive a de regiões com predominância de formações recifais. Com a queda na pluviosidade ocorre uma diminuição da riqueza de espécies e funcionalidade nos três habitats estuarinos estudados. No mangue a perda de funções pode ser atribuída a perda de espécies onívoras (Atherinidae e Tetradontidae) e na praia a perda dos marinho-migrantes e vagantes piscívoros (Carangidae e Bellonidae). O aumento da salinidade na estiagem pode limitar a distribuição de algumas espécies estuarinas residentes (BLABER; BLABER, 1980), isso pode explicar a maior biomassa de espécies residentes no mangue e do ganho de espécies de biomassa marinho migrante na praia durante a

estação seca. Desde o ponto de vista funcional essa mobilidade e conectividade entre habitat está indicando na trajetória funcional complementaridade funcional entre o mangue e a praia.

O ciclo de desenvolvimento do capim marinho está estreitamente ligado ao período de chuvas e estiagem (MARQUES; CREED, 2008; TOUCHETTE, 2007). Para as espécies de peixes que usam os habitats de criação estuarinos, o capim está disponível como habitat durante o período de estiagem. Desta forma, no período seco a perda de funcionalidade no estuário pode ser compensada pelo ganho do habitat capim, cujo desenvolvimento depende de altos níveis de salinidade. A incorporação do capim ao mosaico de habitat do estuário propicia o aumento da carnivoría e invertivoría relacionados à chegada de espécies exclusivas do capim, tais como *Larimus breviceps* (Scianidae), *Lutjanus synagris* (Lutjanidae) e *Conodon nobilis* (Haemulidae). A presença de formação vegetal composta por fanerógama marinhas aumenta a produtividade que gera maior disponibilidade de recursos e aumento de área vegetada que aumenta a proteção principalmente de indivíduos jovens (BARBIER et al., 2011; BOSTRÖM; JACKSON; SIMENSTAD, 2006; WHITFIELD, 2017). Da mesma forma também contribuem como área de alimentação, já que a presença dessas fanerógamas associadas a algas, favorece a diversidade e abundância de diversas espécies de invertebrados (YAMADA; KUMAGAI, 2012) que podem servir de alimento, aumentando assim a contribuição de espécies peixes que se alimentam de invertebrados.

Por fim podemos concluir que as comunidades de peixes de estuários tropicais usam os habitats mangue, praia e capim marinho conformando um mosaico funcional, cuja complementaridade está relacionada a trajetória temporal imposta pela pluviosidade. A dinâmica temporal e espacial é necessária para a homeostase no ecossistema estuarino, de tal forma que as funções ecossistêmicas diminuem com a perda de espécies no período seco, mas essas perdas podem ser compensadas pela incorporação do habitat de capim. De fato, a contribuição funcional das guildas tróficas é diferente entre os habitats ao longo da trajetória. No mesmo período as funções desempenhadas pelos habitats são diferentes, sugerindo a complementaridade

funcional entre habitats. Dessa forma, entendemos que os três habitats que compõem o mosaico estuarino são igualmente importantes para a manutenção da biodiversidade de espécies e das funções ecossistêmicas estuarinas. Neste sentido medidas de manejo e conservação de estuários necessariamente devem contemplar o três habitat e sua dinâmica temporal.



### 3.5 Referências

- BANNAR-MARTIN, K. H. et al. Integrating community assembly and biodiversity to better understand ecosystem function: the Community Assembly and the Functioning of Ecosystems (CAFE) approach. **Ecology Letters**, v. 21, n. 2, p. 167–180, 2018.
- BARBIER, E. B. et al. The value of estuarine and coastal ecosystem services. **Ecological Monographs**, v. 81, n. 2, p. 169–193, maio 2011.
- BARLETTA, M. The role of salinity in structuring the fish assemblages in a tropical estuary. **Journal of Fish Biology**, p. 1–28, 2004.
- BENGTSSON, J. Which species? What kind of diversity? Which ecosystem function? Some problems in studies of relations between biodiversity and ecosystem function. **Applied Soil Ecology**, v. 10, n. 3, p. 191–199, nov. 1998.
- BLABER, S. J. M. Fishes and fisheries in tropical estuaries: The last 10 years. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 135, p. 57–65, 2013.
- BLABER, S. J. M.; BLABER, T. G. Factors affecting the distribution of juvenile estuarine and inshore fish. **Journal of Fish Biology**, v. 17, n. 2, p. 143–162, 1980.
- BLÜTHGEN, N.; KLEIN, A.-M. Functional complementarity and specialisation: The role of biodiversity in plant–pollinator interactions. **Basic and Applied Ecology**, v. 12, n. 4, p. 282–291, jun. 2010.
- BOSTRÖM, C.; JACKSON, E. L.; SIMENSTAD, C. A. Seagrass landscapes and their effects on associated fauna: A review. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 68, n. 3–4, p. 383–403, 2006.
- BROWN, A. C.; MCLACHLAN, A. Sandy shore ecosystems and the threats facing them: some predictions for the year 2025. **Environmental Conservation**, v. 29, n. 01, p. 62–77, 5 mar. 2002.
- CASTILLO, J.; BARBIERI, M. A.; GONZALEZ, A. Relationships between sea surface temperature, salinity, and pelagic fish distribution off northern Chile. **ICES Journal of Marine Science**, v. 53, n. 2, p. 139–146, 1996.

- CHASE, J. M. Community assembly: When should history matter? **Oecologia**, v. 136, n. 4, p. 489–498, 2003.
- CLEMENTS, F. E. Plant succession: an analysis of the development of vegetation. [s.l.] **Carnegie Institution of Washington**, 1916.
- CYRUS, D. P.; BLABER, S. J. M. Turbidity and salinity in a tropical northern Australian estuary and their influence on fish distribution. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 35, n. 6, p. 545–563, 1992.
- DA SILVA, V. et al. Spatial distribution of juvenile fish species in nursery grounds of a tropical coastal area of the south-western Atlantic. **Acta Ichthyologica et Piscatoria**, v. 48, n. 1, p. 9–18, 31 mar. 2018.
- DE AZEVEDO BEMVENUTI, M.; FISCHER, L. G. Peixes: morfologia e adaptações. **Cadernos de Ecologia Aquática**, v. 5, n. 2, p. 31–54, 2010.
- DIAMOND, J. M. Assembly of species communities. **Ecology and evolution of communities**, p. 342–444, 1975.
- DORN, N. J.; WOJDAK, J. M. The role of omnivorous crayfish in littoral communities. **Oecologia**, v. 140, n. 1, p. 150–159, 2004.
- ELLIOTT, M. et al. The guild approach to categorizing estuarine fish assemblages: A global review. **Fish and Fisheries**, v. 8, n. 3, p. 241–268, 2007.
- FERREIRA, A. C. E. L. et al. Trophic Structure Patterns of Brazilian Reef Fishes: A Latitudinal Comparison. **Journal of Biogeography**, v. 31, n. 7, p. 1093–1106, 2004.
- FERREIRA, V. et al. Composition of the fish fauna in a tropical estuary: The ecological guild approach. **Scientia Marina**, v. 83, n. 2, p. 133–142, 2019.
- FUKAMI, T. et al. Species divergence and trait convergence in experimental plant community assembly. **Ecology Letters**, v. 8, n. 12, p. 1283–1290, 2005.
- FUKAMI, T. Historical Contingency in Community Assembly: Integrating Niches, Species Pools, and Priority Effects. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 46, n. 1, p. 1–23, 2015.

GATZ JR, A. J. Community organization in fishes as indicated by morphological features. **Ecology**, v. 60, n. 4, p. 711–718, 1979.

HARRISON, T. D.; WHITFIELD, A. K. Fish trophic structure in estuaries, with particular emphasis on estuarine typology and zoogeography. **Journal of Fish Biology**, v. 81, n. 6, p. 2005–2029, 2012.

HERBST, D. B. Gradients of salinity stress , environmental stability and water chemistry as a templet for defining habitat types and physiological strategies in inland salt waters. **Saline Lakes**. Springer, Dordrecht, 2001. p. 209–219,.

LI, H. et al. Environmental filtering increases with elevation for the assembly of gut microbiota in wild pikas. **Microbial Biotechnology**, v. 12, n. 5, p. 976–992, 2019.

LLEONART, J.; SALAT, J.; TORRES, G. J. Removing allometric effects of body size in morphological analysis. **Journal of Theoretical Biology**, v. 205, n. 1, p. 85–93, 2000.

LONGHURST, A. R.; PAULY, D. Ecology of tropical oceans. **Academic Press**, San Diego, , 1987.

MARQUES, L. V.; CREED, J. C. BIOLOGIA E ECOLOGIA DAS FANERÓGAMAS MARINHAS DO BRASIL. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 2, p. 315–331, 2008.

MENEZES, N. A. et al. Taxonomic review of the species of Mugil (Teleostei: Perciformes: Mugilidae) from the Atlantic South Caribbean and South America, with integration of morphological, cytogenetic and molecular data. **Zootaxa**, v. 3918, n. 1, p. 1–38, 2015.

MENEZES, N.; FIGUEIREDO, J. L. **Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. IV. Teleostei (3)**. São Paulo: Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, 1980.

MENEZES, N.; FIGUEIREDO, J. L. **Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. V. Teleostei (4)**. São Paulo: Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, 1985.

MICHELI, F.; HALPERN, B. S. Low functional redundancy in coastal marine

assemblages. **Ecology Letters**, v. 8, n. 4, p. 391–400, abr. 2005.

MILLS, E. L.; SCHIAVONE, A. Evaluation of Fish Communities Through Assessment of Zooplankton Populations and Measures of Lake Productivity. **North American Journal of Fisheries Management**, v. 2, n. 1, p. 14–27, 1982.

NAGELKERKEN, I. et al. The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: A review. **Aquatic Botany**, v. 89, n. 2, p. 155–185, ago. 2008.

NAGELKERKEN, I. et al. 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.

NERY, J. T. et al. Caracterização das precipitações pluviométricas mensais para os Estados de Alagoas, Pernambuco e Sergipe Characterization of total monthly precipitations for the states of Alagoas, Pernambuco and Sergipe. **Acta Scientiarum : Technology**, v. 20, n. 0, p. 515–522, 1998.

OLIVEIRA, A. Environmental Responses of a Tropical Coastal Lagoon System to Hydrological Variability: Mundaú-Manguaba, Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 37, n. 6, p. 575-591, 1993.

PAREDES-TREJO, F.; BARBOSA, H. A.; SPATAFORA, L. R. Assessment of SM2RAIN-derived and state-of-the-art satellite rainfall products over Northeastern Brazil. **Remote Sensing**, v. 10, n. 7, 2018.

PASSOS, A. C. DOS et al. Analysis of fish assemblages in sectors along a salinity gradient based on species, families and functional groups. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 61, n. 4, p. 251–264, dez. 2013.

PESSANHA, A. L. M. et al. Ecomorphology and resource use by dominant species of tropical estuarine juvenile fishes. **Neotropical Ichthyology**, v. 13, n. 2, p. 401–412, 2015.

POTTER, I. C. et al. The ways in which fish use estuaries: A refinement and expansion of the guild approach. **Fish and Fisheries**, v. 16, n. 2, p. 230–239, 2015.

- SCHWARTZ, M. W. et al. Linking biodiversity to ecosystem function: Implications for conservation ecology. **Oecologia**, v. 122, n. 3, p. 297–305, 2000.
- SHEAVES, M. et al. True Value of Estuarine and Coastal Nurseries for Fish: Incorporating Complexity and Dynamics. **Estuaries and Coasts**, v. 38, n. 2, p. 401–414, 2014.
- SIBBING, F. A.; NAGELKERKE, L. A. J. Resource partitioning by Lake Tana barbs predicted from fish morphometrics and prey characteristics. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 10, n. 4, p. 393–437, 2000.
- SOSA-LÓPEZ, A. et al. ORIGINAL ARTICLE: Fish species richness decreases with salinity in tropical coastal lagoons. **Journal of Biogeography**, v. 34, n. 1, p. 52–61, 18 set. 2006.
- SPALDING, M. D. et al. Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. **BioScience**, v. 57, n. 7, p. 573–583, 2007.
- SYMSTAD, A. J. et al. Species loss and ecosystem functioning: effects of species sdensity and community composition. **Oikos**, p. 389-397, 1998.
- TEAFORD, M. F.; SMITH, M. M.; FERGUSON, M. W. J. Development, function and evolution of teeth. [s.l.] **Cambridge University Press**, 2007.
- TEICHERT, N. et al. Environmental drivers of taxonomic, functional and phylogenetic diversity (alpha, beta and gamma components) in estuarine fish communities. **Journal of Biogeography**, v. 45, n. 2, p. 406–417, fev. 2018.
- TEIXEIRA, I.; BENNEMANN, S. T. Ecomorfologia refletindo a dieta dos peixes em um reservatório no sul do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 2, p. 67–76, 2007.
- TILMAN, D. et al. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. **Science**, v. 277, n. 5330, p. 1300–1302, 1997.
- TOUCHETTE, B. W. Seagrass-salinity interactions: Physiological mechanisms used by submersed marine angiosperms for a life at sea. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 350, n. 1–2, p. 194–215, 2007.

- FOX, Jeremy W. Using the Price equation to partition the effects of biodiversity loss on ecosystem function. **Ecology**, v. 87, n. 11, p. 2687-2696, 2006.
- WALLACE, J. B.; WEBSTER, J. R. The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. **Annual review of entomology**. Vol. 41, n. 131, p. 115–139, 1996.
- WATSON, D. J.; BALON, E. K. Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo. **Journal of Fish Biology**, v. 25, n. 3, p. 371–384, 1984.
- WHITFIELD, A. K. The role of seagrass meadows, mangrove forests, salt marshes and reed beds as nursery areas and food sources for fishes in estuaries. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 27, n. 1, p. 75–110, 2017.
- WILSON, J. P.; SHEAVES, M. Short-term temporal variations in taxonomic composition and trophic structure of a tropical estuarine fish assemblage. **Marine Biology**, v. 139, n. 4, p. 787–796, 2001.
- YAMADA, K.; KUMAGAI, N. H. Importance of seagrass vegetation for habitat partitioning between closely related species, mobile macrofauna *Neomysis* (Misidacea). **Hydrobiologia**, v. 680, n. 1, p. 125–133, 21 jan. 2012.

### 3.6 Material suplementar

**Tabela S1.** Lista de espécies utilizadas e guildas funcionais que estão agrupadas. Guilda de uso de habitat: espécies estuarinas residentes (est\_res), marinho migrantes (mar\_mig) e marinho vagante (mar\_vag). Guilda tróficos carnívoro (carn), omnívoros (omni), predadores de invertebrados móveis (mif) e piscívoros (pisc). Presença das espécies nos habitats: 1- presente e 0- ausente.

Espécies	Uso trófico	Uso de habitat	Habitat		
			Mangue	Praia	Capim
Achiridae					
Achirus lineatus (Linnaeus, 1758)	carn	est_res	1	1	1
Trinectes paulistanus (MirandaRibeiro, 1915)	carn	est_res	1	1	1
Ariidae					
Cathorops spixii (Agassiz, 1829)	carn	est_res	1	1	1
Sciades herzbergii (Bloch, 1794)	omni	est_res	1	0	1
Atherinopsidae					
Atherinella brasiliensis (Quoy and Gaimard, 1825)	omni	est_res	1	1	1
Belonidae					
Strongylura marina (Walbaum, 1792)	pisc	mar_mig	1	1	0
Carangidae					
Caranx latus Agassiz, 1831	pisc	mar_vag	1	1	1
Centropomidae					
Centropomus parallelus (Poey, 1860)	carn	est_res	1	0	0

---

Centropomus undecimalis (Bloch, 1792)	carn	mar_mig	1	1	1
---------------------------------------	------	---------	---	---	---

Gerridae

Diapterus auratus Ranzani, 1842	carn	est_res	1	1	1
---------------------------------	------	---------	---	---	---

Diapterus rhombeus (Cuvier, 1829)	carn	est_res	1	1	1
-----------------------------------	------	---------	---	---	---

Eucinostomus argenteus (Baird & Girard, 1855)	carn	mar_mig	1	1	1
-----------------------------------------------	------	---------	---	---	---

<u>Eucinostomus gula (Quoy &amp; Gaimard, 1824)</u>	carn	mar_mig	1	1	1
-----------------------------------------------------	------	---------	---	---	---

<u>Eucinostomus melanopterus (Bleeker, 1863)</u>	carn	mar_mig	1	1	1
--------------------------------------------------	------	---------	---	---	---

Gobidae

<u>Bathygobius soporator (Valenciennes, 1837)</u>	carn	est_res	1	1	1
---------------------------------------------------	------	---------	---	---	---

Haemulidae

Conodon nobilis (Linnaeus, 1758)	carn	mar_mig	0	0	1
----------------------------------	------	---------	---	---	---

---



---

Lutjanidae

Lutjanus apodus (Walbaum, 1792)      carn      mar\_mig      1      1      0

Lutjanus jocu (Bloch & Schneider, 1801)      carn      mar\_mig      1      1      1

Lutjanus synagris (Linnaeus, 1758)      carn      mar\_vag      0      0      1

Mugilidae

Mugil curema (Valenciennes, 1836)      omni      mar\_mig      1      1      1

Paralichthyidae

Citharichthys macrops Dresel, 1885      mif      est\_res      1      1      1

Scianidae

Larimus breviceps (Cuvier, 1830)      mif      mar\_mig      0      0      1

Tetradontidae

Sphoeroides testudineus (Linnaeus, 1758)      Omni      est\_res      1      1      1

---

#### **4 Conclusão**

De acordo com os resultados obtidos podemos concluir que as funções ecossistêmicas estuarinas podem ser alteradas pelas mudanças na riqueza de espécies de peixes. As condições ambientais geradas a partir do aumento da pluviosidade, proporcionam aumento da riqueza nos meses mais chuvoso, aumentando as funções desempenhadas pelas espécies nos habitats estuarinos. Os grupos funcionais tróficos e de uso de habitat tem contribuições diferentes de acordo com o habitat e com o volume de chuvas. O capim é o habitat de preferência para espécies marinho vagantes e piscívoras durante o período chuvoso. Ao contrario do que se esperava, espécies estuarinas residentes apresentam podem ter contribuição nos habitat de praia especialmente nos meses de seca. Da mesma forma espécies marinho migrantes contribuem para as funções no mangue ao entrarem neste habitat no mesmo período. Esse resultado nos mostra a importância da complementaridade de habitats para as funções estuarinas como um todo.