



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA VOLUNTÁRIA – PICVOL

**AS CADEIAS ALIMENTARES AQUÁTICAS COSTEIRA - MARINHA DO
SERGIPE**

As cadeias alimentares aquáticas do Sergipe

Área de conhecimento: Manejo e Conservação de Recursos Pesqueiros Mari-
nhos

subárea de conhecimento: Ecologia

Especialidade do conhecimento: Cadeias Alimentares

Relatório

Período da bolsa: de Setembro/2021 – Agosto/2022

PICVOL

Orientador: **Mario Jose Fonseca Thome de Souza**

Autora: **Ariele de Paiva São Pedro**

SUMÁRIO

1. Introdução.....	3
2. Objetivos.....	4
3. Metodologia.....	4
3.1. Áreas de estudo e coleta de material biológico.....	4
3.2. Análise do material biológico.....	6
3.3. Análise Estatística.....	6
4. Resultados e Discussão.....	7
4.1. Fontes autotróficas de energia que iniciam as cadeias alimentares aquáticas (ambiente estuarino e marinho) e o seu grau de conectividade.....	9
4.2. As estruturas tróficas e o fator de biomagnificação dos organismos estuarinos e marinhos na região costeira de Sergipe	13
5. Conclusões.....	15
6. Perspectivas de futuros trabalhos.....	15
7. Referencias bibliográficas.....	15

1. Introdução

O estuário é um corpo d'águas costeiro, onde ocorre a mistura de água doce proveniente dos rios com a água salgada do ambiente marinho (PRITCHARD, 1967). Normalmente, este tipo de habitat é chamado de mangue. Contudo, o termo se refere a cobertura vegetal marginal que cobre estes ecossistemas nas baixas latitudes do planeta. As principais características desta zona aquática é a forte variação da salinidade, baixa concentração de oxigênio e a presença de poucas espécies vegetais (LUGO e SNEDAKER, 1974; TOMLINSON, 1986). Além disso, estes ambientes também são conhecidos por apresentarem elevado teor de nutrientes, a exemplo do nitrato, da amônia e do fosfato, essenciais para a produtividade biológica do ecossistema.

Outra característica marcante encontrada nesta zona de transição é forte variação da maré, cujo efeito possibilita a troca de material orgânico e de nutrientes entre os habitats estuarinos e os costeiros adjacente (TERADA, 2022; ADAME e LOVELOCK, 2011). Segundo Carlson et al. (2021), os estuários proporcionam sinergia com a zona marinha e contribuem com a formação de comunidades planctônicas que atuam como fonte de alimento para os diversos organismos nos níveis tróficos superiores (JIA et. al. 2022; GRADINGER 2009; LIU et. al. 2019). Estas referidas trocas se dá por meio da conectividade existente entre estes habitats, e segundo Ogden (1997), este fenômeno pode ser físico, químico ou biológico.

As principais trocas observadas são provenientes da decomposição biológica produzida nos estuários, assim como a entrada das massas das águas marinhas, ou mesmo dos detritos que chegam do continente (ADAME e LOVELOCK, 2011). Contudo, este mecanismo é complexo e ainda é pouco compreendido na região costeira de Sergipe. Todavia, o grau de conectividade depende das propriedades geográficas da paisagem. Fator que pode facilitar em menor ou maior grau a misturas das massas d'águas observadas. Uma das formas mais eficientes de compreendermos esta interação é seguir o fluxo de energia provenientes das fontes autotróficas ao longo das cadeias alimentares. Para isso, a análise dos isótopos estáveis de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) é o

método mais eficiente para se alcançar este objetivo (Fly & Sherr, 1984). Portanto, o presente estudo teve como objetivo usar as assinaturas do $\delta^{13}\text{C}$ para avaliar as principais fontes autotróficas de energia e o grau de conectividade entre os habitats estuarino-marinho ao longo da região costeira de Sergipe. Aliada a esta técnica, foram realizadas também avaliações do fator de biomagnificação da concentração do mercúrio (Hg) nos tecidos dos organismos, e em conjunto com os isótopos estáveis de nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$), possibilitaram a compreensão de como estão estruturadas as cadeias trófica dos habitats costeiros estudados.

2. Objetivos

- Identificar as fontes autotróficas de energia que iniciam as cadeias alimentares aquáticas e o grau de conectividade entre os estuários e as zonas marinhas adjacentes;
- Determinar as estruturas tróficas e o fator de biomagnificação dos organismos aquáticos que habitam os estuários e as zonas marinhas adjacentes.

3. Metodologia

3.1 Áreas de estudo e coleta de material biológico

A área de estudo abrangeu os habitats aquáticos costeiros de Sergipe e extremo norte da Bahia. As amostras das plantas terrestres do tipo mangue foram realizadas pela coleta de suas folhas em várias localidades entre os estuários do baixo rio São Francisco, Japaratuba, Sergipe, Vaza-Barris, Real/Piauí e Itapicuru (Figura 1). Devido à dificuldade em encontrar áreas de significativa concentração de fitoplâncton nestes referidos habitats, optamos por usar os valores dos dados de Gonzales et. al. (2019), coletado nos estuários do Estado de Pernambuco. No entanto, em vez de utilizamos os dados do material orgânico particulado flutuante (MOP), comumente amostrados para este tipo de estudo, utilizaram o material orgânico particulado sedimentado (MOS), conforme método descrito por Gonzales et. al. (2019). Por fim, as amostras do fitoplâncton marinho, na forma de material orgânico particulado (MOP), foram coletados na zona de arrebentação das praias da Atalaia e de

Aruana na cidade de Aracaju. As amostras foram realizadas com uma rede de plâncton com malha de 50 micra, em áreas onde havia visíveis florações de algas, chamada na região pelos pescadores de verdete.

Para a obtenção das amostras dos organismos heterotróficos, porção de músculos dos crustáceos e dos moluscos foram coletadas nas feiras livres localizadas nos estuários dos rios Sergipe, Vaza-Barris e Real/Piauí. Todo o material amostrado já se encontrava em forma de catado (músculo). Além disso, assumimos que a procedência das amostras pertenciam ao respectivo estuário que se encontrava a feira visitada.

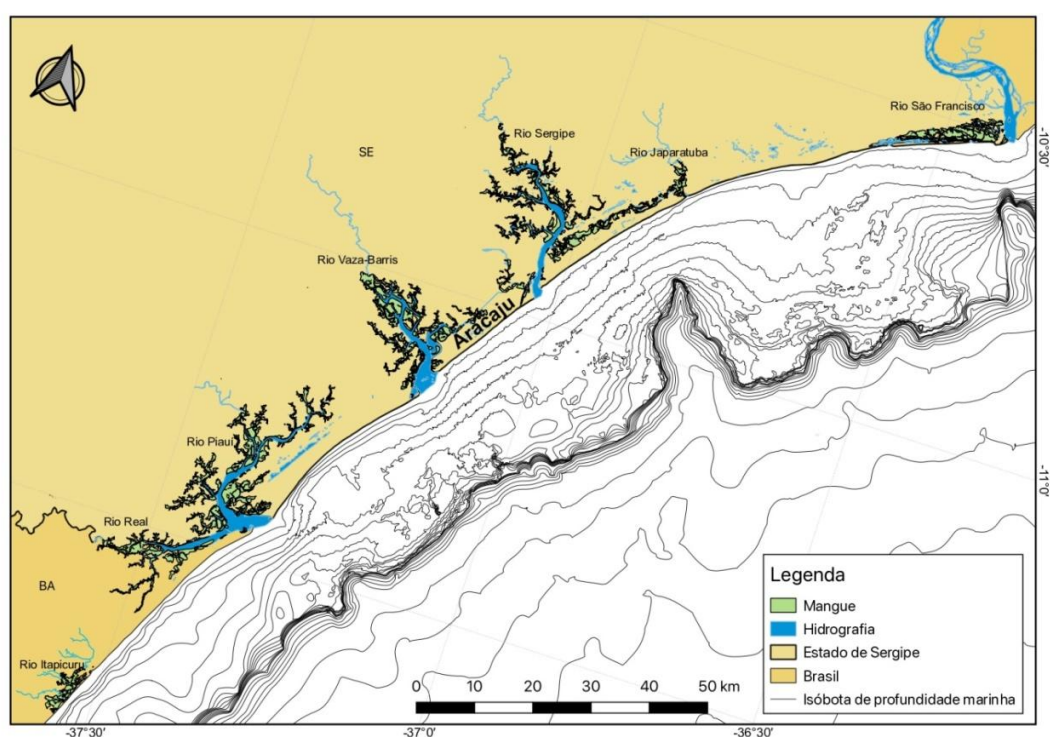


Figura 1: Mapa da área de estudo.

Para a coleta dos organismos marinhos foram realizados arrastos de fundo, semelhante ao usado na pesca comercial do camarão. A profundidade dos arrastos foi de cerca de 15 metros em frente a cidade de Aracaju. Os peixes, os crustáceos e os moluscos, representativos de várias espécies, principalmente na forma juvenil, foram amostrados para as análises. Para a coleta dos peixes marinhos pelágicos, amostras de músculos foram retiradas preferencialmente da região dorsal, realizadas no porto de descarga de pescado de Aracaju.

2. Análise do material biológico

Para a análise dos isótopos e da concentração do mercúrio (Hg), todo o material biológico foi seco em estufa a 50°C. Em seguida o material foi moído em gral e pistilo de porcelana até se obter um fino pó. Após esse procedimento as amostras foram acondicionadas em frascos de vidro e enviado para o Laboratório de Ecologia Isotópica do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), em Piracicaba-SP. Nesta análise, 1,0 mg de amostra foi queimada a 1700°C em fluxo contínuo por CF-IRMS (*Continuous Flow - Isotopic Ratio Mass Spectrometry*), em um analisador Carlo Erba (CHN-1110), acoplado a um espectrômetro de massa Finnigan Delta Plus. O CO₂ liberado foi purificado por cromatografia gasosa. A composição isotópica foi dado em (δ) em partes por mil (‰).

A análise de mercúrio foi realizado no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental Wolfgang C. Pfeiffer da Universidade Federal de Rondônia (LABIOGEOQ/UNIR), seguindo o protocolo proposto por Malm et. al., (1989) e Bastos et. al., (1998), por meio de um sistema aberto de digestão química que utilizou o HNO₃, HCl, H₂SO₄ e KMnO₄. As concentrações de mercúrio total (Hg-T) foram obtidas via espectrofotometria de absorção atômica por geração de vapor frio (*Flow Injection Mercury System – FIMS-400*, Perkin-Elmer). O Limite de Detecção da Técnica (LDT) foi de 0,0155 ppm. Como a análise foi realizada com o material seco, os resultados foram divididos por cinco, o que equivaleria a composição de 80% de água no material biológico fresco.

3.3 Análise estatística

Para identificar as fontes autotróficas de energia que iniciam as cadeias alimentares, um modelo de Mistura Isotópica Bayesiana foi realizado com o auxílio do pacote MixSIAR (Stock et. al., 2018). Para determinar o grau de conectividade e a estrutura trófica entre e dentro os habitats foi usado o padrão de elipse Bayesiana dos isótopos estáveis (SEAb) em intervalos de 70% e 40%, respectivamente, conforme o método desenvolvido por Jackson et. al. (2011). Para a análise da biomagnificação do Hg foi construído um modelo de regressão linear para o habitat estuarino e outro para o marinho. Para isso, os dados da razão dos isótopos de nitrogênio foram correlacionados com a concentração

do Hg total transformado em (log+1). O resultado do coeficiente angular foi interpretado com a taxa de biomagnificação entre os níveis tróficos (Zhang et. al., 2012). Os testes estatísticos tiveram um $p < 0,05$, e as análises foram realizadas no software R (R Development Core Team, 2015).

4. Resultados e discussões

Ao todo foram analisados 135 organismos estuarinos e 117 marinhos entre grupos autotróficos e heterotróficos. Os valores dos isótopos e da concentração do mercúrio são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Valores médios e o desvio padrão (dp) dos organismos amostrados nos ecossistemas aquáticos de Sergipe. Valores sem o dp significa um único exemplar avaliado, ou sem valor, análise não realizada.

Habitat	Organismo	Espécie	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	Hg
ESTUÁRIO	ARATU	<i>Goniopsis cruentata</i>	-21.94±1.88	6.46±1.42	0.0304±0.0471
	CAMARÃO	Panaeidae	-26.62±2.19	4.74±0.85	0.0248±0.0126
	CARANGUEJO	<i>Ucides cordatus</i>	-25.45±1.76	6.87±2.24	0.0588±0.0502
	FILAMENTOSA	Chlorophyta	-26.45±0.36	8.50±0.37	0.0185±0.0035
	FOLHA	<i>Avicennia schaueriana</i>	-29.35±0.74	6.41±1.92	0.0171±0.0036
	FOLHA	<i>Laguncularia racemosa</i>	-28.15±0.83	5.64±2.11	0.0160±0.0049
	FOLHA	<i>Rhizophora mangle</i>	-28.30±1.20	5.35±3.00	0.0093±0.0164
	GAIAMUM	<i>Cardisoma guanhumi</i>	-21.17±3.78	9.30±2.49	0.0315±0.0276
	LAMBRETA	<i>Phacoides pectinatus</i>	-31.35±6.28	4.11±2.32	0.0404±0.0329
	MASSUNIN	<i>Anomalocardia flexuosa</i>	-24.24±1.15	7.71±0.83	0.0418±0.0392
	OSTRA	<i>Crassostrea rhizophorae</i>	-26.24±3.05	5.70±1.35	0.2008±0.6755
	ROBALO	<i>Centropomus</i> spp.	-14.86	12.90	0.5104
	SIRI	<i>Callinectes</i> spp.	-23.13±2.39	7.68±1.93	0.0168±0.0188
	SURURU	<i>Mytella charruana</i>	-24.42±1.46	7.92±1.95	0.0279±0.0215
	AGULHÃO VELA	<i>Istiophorus albicans</i>	-16.51±0.28	10.9±1.17	
	ALBACORA	<i>Thunnus</i> spp.	-17.01±0.82	9.47±1.05	0.2847±0.2743
	ARABAIANA	<i>Seriola</i> spp.	-16.01	10.84	13.2167
	ARAIA MANTEGA	<i>Gymnura micrura</i>	-15.00	13.98	0.0223

MARINHO	ARENGA	<i>Lycengraulis grossidens</i>	-21.93	10.67	0.0166
	ARENGA AMARELA	<i>Anchoa spinifer</i>	-17.32	11.58	0.0141
	ARIACO	<i>Lutjanus synagris</i>	-13.92	11.34	0.1190
	ARRAIA	<i>Hypanus americanus</i>	-15.10	8.05	0.1240
	BAGRE	<i>Notarius grandicassis</i>	-17.65±1.39	12.05±1.1	0.0451±0.0388
	BAIACU	<i>Lagocephalus laevigatus</i>	-17.31	8.24	0.0083
	BIJUPIRÁ	<i>Rachycentron canadum</i>	-17.63	8.20	0.0060
	CAÇÃO LIXA	<i>Ginglymostoma cirratum</i>	-15.36±0.15	9.80±0.15	0.5959±0.0301
	CAÇÃO VIOLA	<i>Pseudobatos percellens</i>	-16.80±0.09	7.38±0.37	0.0061±0.0075
	CAMARÃO PISTOLA	<i>Litopenaeus schmitti</i>	-15.72±0.18	7.50±0.23	0.0594±0.0245
	CAMURUPIM	<i>Megalops atlanticus</i>	-15.58	14.65	
	CARANGUEJO MARROM	<i>Calappa</i> sp.	-15.4	9.36	0.0212
	CARANHA	<i>Lutjanus cyanopterus</i>	-15.23±0.05	10.13±0.3	0.0287±0.0214
	DOURADO	<i>Coryphaena hippurus</i>	-16.47±0.50	9.99±0.87	0.2669±0.0670
	ESPONJA	Porifera	-17.77	8.56	0.0060
	FITOPLÂNCTON	Diatomacea	-17.84±2.70	8.69±2.33	
	GAIÚBA	<i>Ocyurus chrysurus</i>	-24.89	9.99	0.0222
	GARACIMBORA	<i>Caranx latus</i>	-16.75±0.84	10.5±1.12	0.3147±0.1955
	LAGOSTA	<i>Panulirus laeviscauda</i>	-16.93	8.71	0.0138
	LINGUADO	<i>Paralichthys brasilienses</i>	-16.66	8.23	0.0175
	MOLUSCO	Theuthoidea	-18.52±1.42	11.03±2.3	0.0117±0.0057
	MARLIM	<i>Makaira nigricans</i>	-15.56	10.64	16.6062
	OLHO DE VIDRO	<i>Lutjanus vivanus</i>	-17.02±0.87	9.95±0.55	0.2715±0.1041
	PEIXE AGULHA	<i>Strongylura marina</i>	-16.21±0.04	8.88±0.43	0.2168±0.0295

PESCADA BOCA LONGA	<i>Isopisthus parvipinnis</i>	-16.33±0.52	11.73±2.0	0.0806±0.0534
PESCADA BOCA MOLE	<i>Larimus breviceps</i>	-17.45±0.14	9.75±0.41	0.0135±0.0086
PESCADA BUCU	<i>Cynoscion virescens</i>	-15.08±0.45	11.88±0.6	0.5080±0.5521
PESCADINHA	<i>Paralichthys brasiliensis</i>	-16.52±0.94	10.31±0.7	0.0495±0.0808
RONCADOR	<i>Conodon nobilis</i>	-17.45±0.31	10.31±0.6	0.0189±0.0091
SARDINHA CASCUDA	<i>Pellona harroweri</i>	-17.82±0.52	8.60±0.36	0.0306±0.0160
SARDINHA DENTUÇA	<i>Odontognathus mucronatus</i>	-17.15±0.14	10.02±0.7	0.0129±0.0110
SAUARA	<i>Genyatremus luteus</i>	-17.79	9.46	0.0139
SETE BARBAS	<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>	-18.12±1.97	8.29±0.78	0.0087±0.0070

4.1 Fontes autotróficas de energia que iniciam as cadeias alimentares aquáticas (ambiente estuarino e marinho) e o seu grau de conectividade

A distribuição espacial dos dados de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio entre os habitats estudados pode ser observada na Figura 2. No ambiente estuarino os dados indicaram maior variabilidade isotópica, quando comparado com o ambiente marinho. Isso sugere que há maior quantidade de fontes autotróficas de energia disponíveis nos estuários. Além disso, os valores do MOS e do MOP indicaram diferença nas assinaturas, tanto do $\delta^{13}\text{C}$, quanto para o $\delta^{15}\text{N}$. É possível que isso indique que nos ambientes estuarinos uma parte do carbono dissolvido e assimilado pelo fitoplâncton seja proveniente da decomposição da floresta do mangue. Enquanto, que no ambiente marinho a absorção do carbono dissolvido predomina da fonte atmosférica. O $\delta^{15}\text{N}$ do MOP amostrado no ambiente marinho indicou valores maiores, e isso pode ter ocorrido pela contaminação do material coletado durante a amostragem nas áreas de floração de algas, comentada anteriormente. É muito provável que as amostras realizadas com a rede de plâncton tenha filtrado significativas porções de zooplâncton, o que resultou na elevação da assinatura do nitrogênio.

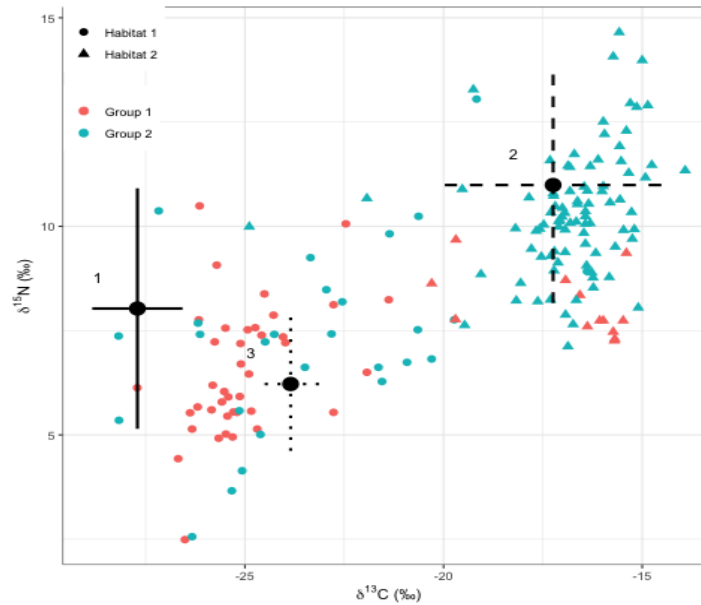


Figura 2: O iso-espaco dos habitats: 1 (estuário) e 2 (marinho). No estuário a cor salmão indica os moluscos e verde os crustáceos. Para o habitat marinho a cor salmão indica os crustáceos e o verde os peixes. O ponto e a dispersão em preto significa a média e o desvio dos organismos autotróficos: 1 (mangue), 2 (MOP) e 3 (MOS).

A composição das amostras do MOS e do MOP pode ser interpretada como um consórcio de algas, bactérias e microfauna, embutidos em uma matriz polissacarídica conhecido como biofilme (PUSCH et al., 1998). O estudo realizado por Nayar, Goh e Chou (2005), indicou que parte deste tipo de biofilme amostrado no estuário Ponggol em Cingapura, foi composto principalmente por algas, e esta foi a principal base da cadeia alimentar para aquele ecossistema estudado. Os resultados do $\delta^{15}\text{N}$ do MOS, como citado anteriormente, parece indicar um material mais puro, quando comparado ao MOP.

Analisando os grupos heterotróficos separadamente, foi observado que os crustáceos estuarinos indicaram uma contribuição do MOP entre 25% a 50%, e para o MOS entre 50% a 80% (Figura 3). Para os moluscos estuarinos, o MOS variou entre 75% a 100%, e MOP ficou abaixo de 25%. Além disso, para ambos os grupos heterotrófico estuarinos, a contribuição do mangue foi insignificante.

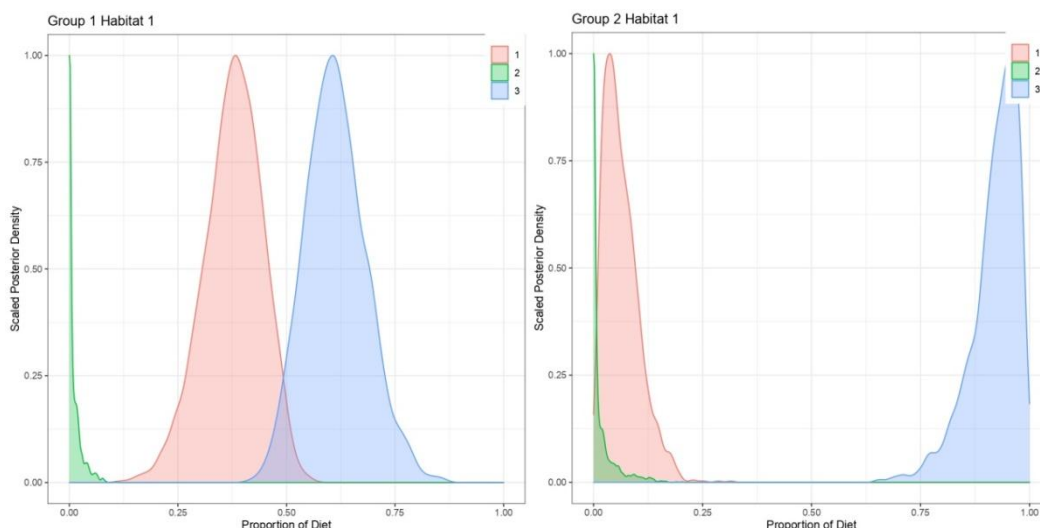


Figura 3: Proporção da contribuição das fontes autotróficas nos estuários (Habitat 1): 1 - MOP, 2 - folha do mangue e 3 - MOS. Grupo 1 (crustáceo) e Grupo 2 (molusco).

Segundo Jayachandran et. al. (2019), os crustáceos que habitam os estuários possuem variado espectro alimentar, podendo ser herbívoro, carnívoro e/ou detritívoro, sendo classificados de generalistas e oportunistas (SIEGENTHALER et al., 2022). Os resultados observados no presente estudo corroboram com estes autores. Confirmando, que significa que os habitats estuarinos, possui uma maior variabilidade de fontes autotróficas. Por outro lado, os moluscos, apesar de também possuírem variados hábitos alimentares (Rueda et al. 2009), os resultados indicaram uma base energética mais estreita. Por serem na sua maioria filtradores, o mais provável é que a sua principal fonte de energia teve início no fitoplâncton, representado pelos valores do MOS.

Por outro lado, no habitat marinho, tudo indica que a principal fonte também foi o fitoplâncton, representado pelo MOP. Nossos resultados indicaram para os crustáceos, que os valores oriundos desta fonte de energia variou entre 60% a 100%, e para os peixes, entre 70% a 100%. Para o MOS, os valores ficaram <30%, para ambos os grupos de organismos heterotróficos associados para este habitat. A contribuição do mangue para o ambiente marinho foi insignificante (Figura 4).

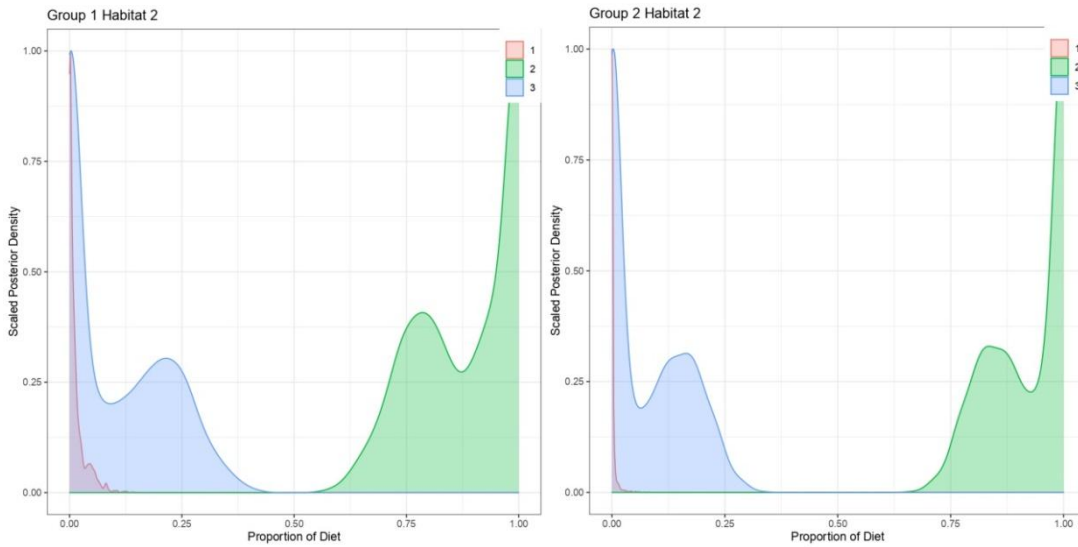


Figura 4: Proporção da contribuição das fontes autotróficas na zona marinha (Habitat 2): 1 - mangue, 2 - MOP e 3 - SOM. Grupo 1 (crustáceo) e Grupo 2 (peixes).

O resultado da análise de conectividade por meio da análise de isótopos estáveis de carbono entre os ambientes estuarino e marinho (Figura 5) sugere um grau de conectividade mínimo ao longo da costa do Sergipe. Uma explicação plausível para isso, é que há uma baixa vazão dos rios costeiros estudados, que em média não ultrapassam 20 m³/s (Thomé-Souza, dados não publicado). Por conta disso, não há uma troca significativa de matéria e nutrientes por meio das massas d'águas, o que sugere forte independência das cadeias alimentares dentre os habitats estudados.

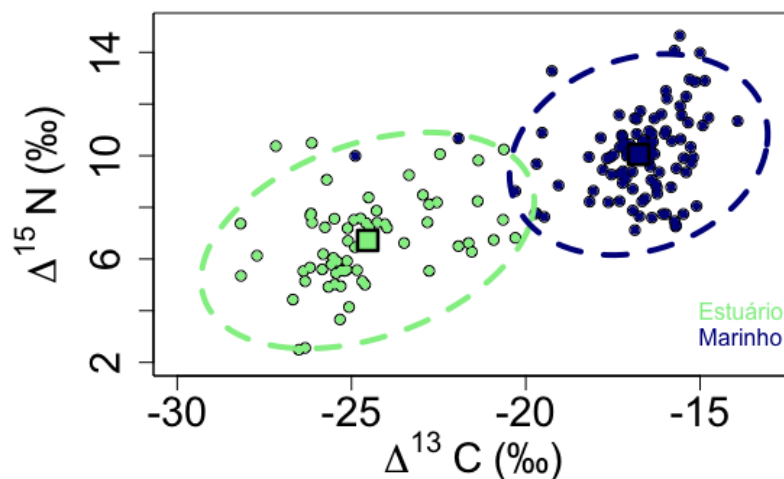


Figura 5: Análise da conectividade entre os habitats estuarino e marinho com base na análise da elipse isotópica (SEAb) de 70%.

4.2 As estruturas tróficas e o fator de biomagnificação dos organismos estuarinos e marinhos na região costeira de Sergipe

Conforme podemos observar na Figura 6, há uma significativa sobreposição dos organismos heterotróficos (crustáceos e moluscos) no habitat estuarino. Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ indicou estrutura trófica semelhante entre os grupos de organismos heterotróficos estudados, embora, como já citado anteriormente, os crustáceos possui uma base isotópica de carbono mais larga.

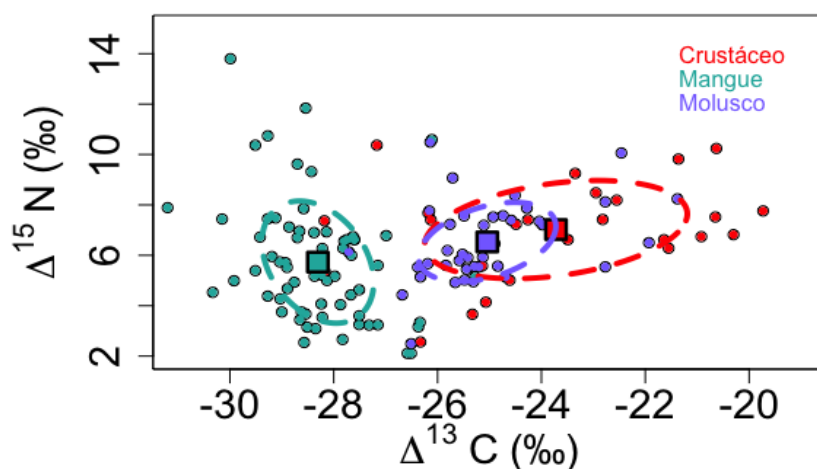


Figura 6: Estrutura trófica dos organismos no habitat estuarino de Sergipe, com base na análise da elipse isotópica (SEAb) de 40%.

Isso significa que os crustáceos e os moluscos estão se alimentando de organismos que estão no mesmo nível trófico da cadeia alimentar. Por outro lado, o resultado do ambiente marinho indicou uma estrutura diferenciada para os organismos heterotróficos (Figura 7). O resultado sugere que os peixes estão acima dos crustáceos, e é possível que se alimentem deles, ou de outros organismos no mesmo nível trófico dos crustáceos.

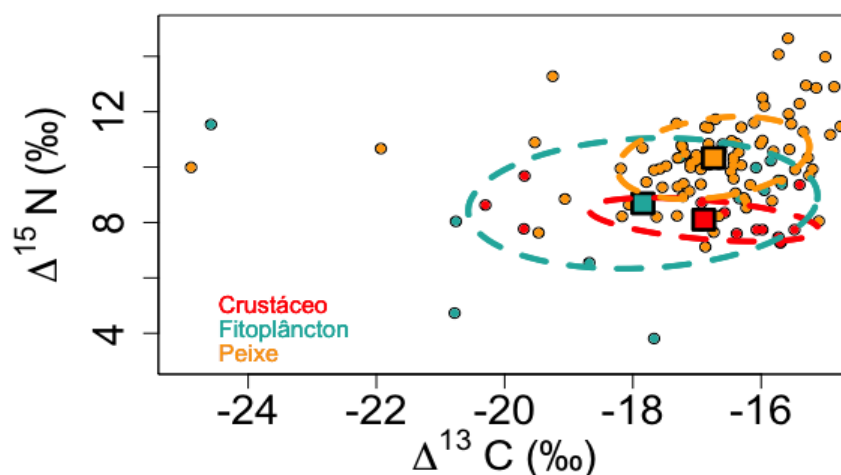


Figura 7: Estrutura trófica do habitat marinho de Sergipe, com base na análise da elipse isotópica (SEAb) de 40%.

O fator de biomagnificação estimados por habitat estudado (Figura 8). foi de $b=0,11$ para o estuário e $b=0,28$ para o ambiente marinho.

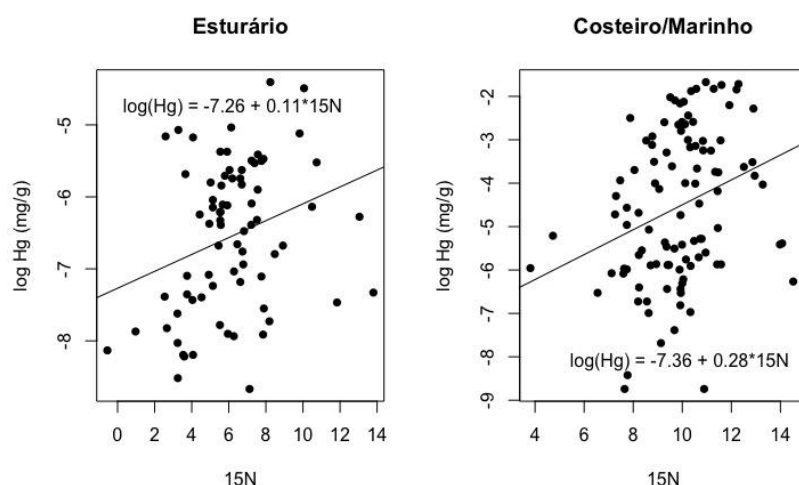


Figura 8: Resultado da taxa de biomagnificação entre os habitats estudados.

Segundo Lavoier et al. (2013), há uma taxa média mundial de biomagnificação de $0,16 \pm 0,08$. Quando comparada com os valores do presente estudo, o ambiente estuarino indicou valores próximos a este, contudo o ambiente marinho obteve um fator de biomagnificação muito superior. As amostras do ambiente marinho foram compostas na sua maioria por peixes oceânicos, e alguns com portes >100 kg. É possível que a bioacumulação do mercúrio nestes peixes tenha influenciado a taxa de biomagnificação. De qualquer forma, uma re-análise e a coleta de mais organismos de níveis inferiores da cadeia alimen-

tar marinha poderia equilibrar e ajustar a taxa de biomagnificação observada para o habitat marinho.

5. Conclusões

O fitoplâncton foi o principal produtor primário nos ecossistemas estudados. Os crustáceos que habitam os estuários indicaram possuir uma variabilidade de nichos tróficos maior, quanto comparados com os moluscos. Estes últimos, por serem filtradores, sugerem uma variabilidade de fonte de energia mais estreita. Contudo, ambos organismos indicaram estar no mesmo nível trófico. Por outro lado, no ecossistema marinho, a contribuição do fitoplâncton como fonte de energia foi quase 100%. Todavia, os dados sugerem haver uma pequena contribuição de fontes autotróficas proveniente dos ambientes estuarinos, indicando uma conectividade mínima entre estes habitats. Os peixes marinhos indicaram estar no topo da cadeia alimentar, e a coleta de alguns exemplares de grande porte pareceu ter indicado altos níveis de bioacumulação de mercúrio, é isso interferiu no fator de biomagnificação encontrado. Para o habitat estuário o fator ficou próximo do valor mundial.

6. Perspectivas de futuros trabalhos

A perspectiva é continuar com as amostragem de organismos nestes habitats estudados. No ambiente estuarino, por exemplo, deverá ser amostrado os peixes que não foram incluídos neste trabalho, e fazer uma avaliação por espécie de crustáceos e de moluscos. Para o ambiente marinho, o trabalho indicou a necessidade de uma maior amostragem de organismos da base da cadeia alimentar, a exemplo dos moluscos e de um maior número de crustáceos. Com estas etapas concluídas partiremos para a publicação dos resultados em revista de importância internacional.

7. Referências bibliográficas

Adame, M. F., Lovelock, C. E. (2011). Carbon and nutrient exchange of mangrove forests with the coastal ocean. *Hydrobiologia*, 663(1), 23–50. <https://doi.org/10.1007/s10750-010-0554-7>

BASTOS, W. R; MALM, O; PFEIFFER, W. C; CLEARY, D. 1998. Establishment and analytical quality control of laboratories for Hg determination in biological and geological samples in the Amazon, Brasil. *Cien. Cult (SBPC)*, 50: p 255-260.

- Bastos, R. F., Lippi, D. L., Gaspar, A. L. B., Yogui, G. T., Frédou, T., Garcia, A. M., Ferreira, B. P. (2022). Ontogeny drives allochthonous trophic support of snappers: Seascape connectivity along the mangrove-seagrass-coral reef continuum of a tropical marine protected area. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 264. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107591>
- Carlson, R. R., Evans, L. J., Foo, S. A., Grady, B. W., Li, J., Seeley, M., Xu, Y., Asner, G. P. (2021). Synergistic benefits of conserving land-sea ecosystems. *Global Ecology and Conservation*, 28, e01684. <https://doi.org/10.1016/J.GECCO.2021.E01684>
- Fly, B. & Sherr, E. B. C13 measurements as indicators of carbon flow in marine and freshwater ecosystems. *Contributions in Marine Science*, 27: 15-47.
- Gradinger, R. (2009). Sea-ice algae: Major contributors to primary production and algal biomass in the Chukchi and Beaufort Seas during May/June 2002. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 56(17), 1201–1212. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2008.10.016>
- Gonzales, J. G.; Ménard, F.; Le Loc'h, F.; Andrade, H. A.; Viana, A. P.; Ferreira, V.; Frédou, F. L.; Lira, A. S.; Munaron, J.; Frédou, T. 2019. Trophic resource partitioning of two snook fish species (Centropomidae) in tropical estuaries in Brazil as evidenced by stable isotope analysis, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*: 226, 106287, <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106287>.
- Jackson, A. L.; Inger, R.; Parnell, A.C. & Bearhop, S. 2011. Comparing isotopic niche widths among and within communities: SIBER – Stable Isotope Bayesian Ellipses in R. *The Journal of Animal Ecology* 80: 595–602.
- Jia, J., Gao, Y., Sun, K., Lu, Y., Wang, J., Shi, K. (2022). Phytoplankton community composition, carbon sequestration, and associated regulatory mechanisms in a floodplain lake system. *Environmental Pollution*, 306. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119411>
- Jayachandran, P. R., Bijoy Nandan, S., Jima, M., Joseph, P., Don Xavier, N. D., Sreedevi, O. K., Prabhakaran, M. P., Joseph, K. J. (2019). Macrobenthic functional feeding groups in a microtidal monsoonal estuary (Kodungallur–Azhikode estuary, India). *Regional Studies in Marine Science*, 25. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2018.100444>
- Liu, X., Liu, X., Wu, L., Tian, Z. (2019). Diversity in phytoplankton communities: A field test of the intermediate disturbance hypothesis. *Ecological Engineering*, 129, 54–60. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.12.009>
- Lugo, A. E., Snedaker, S. C. (1974). The Ecology of Mangroves. In *Source: Annual Review of Ecology and Systematics* (Vol. 5).
- Nayar, S., Goh, B. P. L., & Chou, L. M. (2005). Settlement of marine periphytic algae in a tropical estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 64(2–3), 241–248. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2005.01.016>
- Ogden, John C., "Ecosystem Interactions in the Tropical Coastal Seascape" (1997). Integrative Biology Faculty and Staff Publications. 443.
- MALM, O; PFEIFFER, W. C; BASTOS, W. R; MAGALHÃES, C. M. M. 1989. Utilização de acessório de geração de vapor frio para análise de mercúrio em investigações ambientais por espectrofotometria de absorção atômica. *Cien. Culti*, 41: p 88-92.
- M. Pusch, D. Fiebig, I. Brettar, H. Eisenmann, B. K. Ellis, L. A. Kaplan, M. A. Lock, M. W. Naegeli, W. Traunspurger. The role of micro-organisms in the ecological connectivity of running waters, 40 (3), 2002. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1998.00372.x>
- Pritchard, D.W. (1967) What Is An Estuary: Physical Viewpoint. In: Lauff, G.H., Ed., *Estuaries*, American Association for the Advancement of Science, Washington DC, Vol. 1, 149-176.

R Core Team. 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Rueda, J. L., Gofas, S., Urrea, J., Salas, C. (2009). A highly diverse molluscan assemblage associated with eelgrass beds (*Zostera marina* L.) in the Alboran Sea: Micro-habitat preference, feeding guilds and biogeographical distribution. *Scientia Marina*, 73(4), 679–700. <https://doi.org/10.3989/scimar.2009.73n4679>

Siegenthaler, A., Wangenstein, O. S., Benvenuto, C., Lollobrigidi, R., Mariani, S. (2022). Niche separation between two dominant crustacean predators in European estuarine soft-bottom habitats. *Ecological Indicators*, 138. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108839>

Stock et al. (2018), Analyzing mixing systems using a new generation of Bayesian tracer mixing models. *PeerJ* 6: e5096; DOI 10.7717/peerj.5096

Terada, K. (2022). Rainfall induced water and nutrient fluxes at a mangrove estuary. *Marine Environmental Research*, 179. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2022.105674>

Tomlinson, P. B. *The Botany of Mangroves*. Cambridge: Cambridge University Press, 1986.

Zhang, L., Campbell, L. M. & Johnson, T. B. 2012. Seasonal variation in mercury and food web biomagnification in Lake Ontario, Canada. *Environmental Pollution* 161, 178–184. doi: 10.1016/j.envpol.2011.10.023