



ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS MARINHAS E COSTEIRAS

Monografia para a obtenção do grau de licenciatura em biologia marinha



Estudo do efeito da variação ambiental na distribuição ecológica dos pequenos peixes pelágicos nas águas marinhas territoriais de Moçambique

Autora:

Carmen Jaime Tivane

Quelimane, setembro de 2025

Quelimane, 12 de Setembro de 2025



ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS MARINHAS E COSTEIRAS

Monografia para a obtenção do grau de licenciatura em biologia marinha

**Estudo do efeito da variação ambiental na distribuição ecológica dos pequenos peixes
pelágicos nas águas marinhas territoriais de Moçambique**

Autora:

Carmen Jaime Tivane

(Carmen Jaime Tivane)

Supervisor

Anildo Nataniel

(Doutor Anildo Naftal Nataniel)

Avaliador

Bonifácio G. Manuessa

(Mestre Bonifácio Manuessa)

Presidente

Paula Milice

(Licenciada Paula Milice)

Quelimane, 12 de Setembro de 2025

Dedicatória

Dedico este trabalho a quatro pessoas extraordinárias que iluminam minha jornada:

- À minha mãe, que, com seu amor e dedicação, esteve e está sempre presente, fornecendo o suporte emocional que me impulsiona a enfrentar desafios e a seguir em frente;
- Ao meu tio Jaime Manuel Utui, cuja sabedoria e apoio inabalável sempre foram uma fonte de inspiração motivação nos momentos decisivos da minha vida;
- Aos meus avós (Manuel Utui e Anastância Chongo) por todo amor, dedicação e suporte que tem me fornecido.

Agradecimentos

Com o coração cheio de emoção, concluo esta etapa da minha vida reconhecendo e agradecendo a cada pessoa que, de alguma forma, contribuiu para que este trabalho fosse possível.

A Deus, meu refúgio e fonte de força, por me sustentar nos momentos difíceis, por cada livramento e pela sabedoria concedida ao longo desta caminhada.

À minha família, meu alicerce e razão da minha luta:

Aos meus avós Manuel, Anastância e Luísa, por todo o amor, pelos conselhos e pelas orações que me acompanharam mesmo à distância.

À minha irmã, Anastância Tivane, minha amiga e inspiração diária, que esteve presente com palavras de encorajamento e afeto.

Aos meus pais (Arlete Chongo e Jaime Tivane) em especial a minha mãe por cada sacrifício feito, pelo amor incondicional e por acreditar em mim até nos momentos em que eu mesma duvidei.

Aos meus tios: Jaime, Flávia, Eulália e Edilson, por todo o carinho, apoio e incentivo constantes.

Ao meu orientador, Professor Anildo Naftal, por sua paciência, disponibilidade, dedicação e por ser uma peça-chave na realização deste trabalho.

Aos amigos que a vida universitária me deu – Manuela Uachane, Vânia Vilanculo, Belson Cumbe, Emmyllen Kashiwa e Amílcar Lobo obrigada pelas conversas sinceras, pelas risadas nos dias difíceis e por tornarem essa caminhada mais leve.

André, obrigada por estar ao meu lado apesar da distância com tanto amor, paciência e cuidado, você foi abrigo nos meus dias mais difíceis.

Aos docentes, pelo conhecimento transmitido, pelas palavras de incentivo e pelas contribuições significativas ao meu crescimento acadêmico e pessoal.

Aos colegas da residência: Celta, Felismina, Delso, Marta, Sinata, Nildo e muitos outros, obrigada por estarem comigo em muitos momentos e tornando essa jornada mais leve.

A mim mesma, pelo esforço incansável, pela perseverança e pela dedicação ao longo dessa jornada.

Obrigada por fazerem parte da minha jornada.

Declaração de honra

Eu, Carmen Jaime Tivane, declaro por minha honra que esta monografia é resultado do meu próprio trabalho e está a ser submetida para a obtenção do grau de Licenciatura na Universidade Eduardo Mondlane, ESCMC - Quelimane. Este nunca foi antes submetido para obtenção de nenhum grau académico e muito menos para avaliação em nenhuma outra Universidade.

Quelimane, 12 de Setembro de 2025

(Carmen Jaime Tivane)

Resumo

Quais variáveis ambientais determinam a distribuição e abundância dos pequenos peixes pelágicos nas águas marinhas de Moçambique? Para responder a esta questão, foram analisados dados de cruzeiros científicos realizados em 2018 e 2023, aplicando-se a Análise de Componentes Principais (PCA) para integrar gradientes ambientais (temperatura da superfície do mar, salinidade, oxigénio dissolvido, clorofila-a, produtividade primária líquida, profundidade e latitude) com a abundância de quatro espécies representativas: *Decapterus russelli*, *Leiognathus lineolatus*, *Myctophidae* e *Thryssa vitrirostris*. Os resultados demonstraram que a distribuição espacial e temporal destas espécies está fortemente condicionada por factores ambientais. Os *Myctophidae* mantiveram associação com águas profundas, confirmando o seu carácter mesopelágico. A *Thryssa vitrirostris* esteve ligada a águas superficiais, produtivas e oxigenadas, enquanto *D. russelli* se relacionou com ambientes mais frios e menos oxigenados. Já *L. lineolatus* revelou dependência de zonas costeiras ricas em nutrientes, marcadas pela clorofila-a e produtividade primária. A comparação entre 2018 e 2023 evidenciou alterações na estrutura da comunidade, refletindo a sensibilidade destas espécies a variações ambientais e, possivelmente, a mudanças climáticas. Conclui-se que a salinidade, temperatura, oxigénio dissolvido, clorofila-a, produtividade primária e profundidade constituem os principais factores que estruturam a ecologia dos pequenos pelágicos na costa de Moçambique, fornecendo evidências essenciais para estratégias de gestão pesqueira sustentável.

Palavra-chave: peixes pelágicos, variáveis ambientais, PCA, Moçambique, distribuição ecológica

Abstract

Which environmental variables determine the distribution and abundance of small pelagic fish in Mozambican waters? To address this question, data from scientific surveys conducted in 2018 and 2023 were analyzed using Principal Component Analysis (PCA), integrating environmental gradients (sea surface temperature, salinity, dissolved oxygen, chlorophyll-a, net primary productivity, depth, and latitude) with the abundance of four representative species: *Decapterus russelli*, *Leiognathus lineolatus*, *Myctophidae*, and *Thryssa vitirostris*. Findings revealed that species distribution is strongly influenced by environmental conditions. *Myctophidae* were consistently associated with deeper waters, confirming their mesopelagic character. *Thryssa vitirostris* was linked to surface, productive, and oxygen-rich waters, whereas *D. russelli* was associated with cooler and less oxygenated environments. *L. lineolatus* was correlated with nutrient-rich coastal areas, influenced by chlorophyll-a and primary productivity. Temporal comparisons between 2018 and 2023 showed shifts in community structure, highlighting the sensitivity of small pelagics to environmental fluctuations and possible climatic changes. Overall, the study concludes that salinity, temperature, oxygen, chlorophyll-a, primary productivity, and depth are the main drivers shaping small pelagic fish ecology in the Mozambique Channel, providing crucial evidence for sustainable fisheries management.

Keywords: small pelagic fish, environmental variables, PCA, Mozambique, ecological distribution

Lista de figuras

Figura 1: ciclo de vida de peixes pelágicos.....	15
Figura 2: Área de estudo. Águas territoriais da zona económica exclusiva de Moçambique, com a densidade das capturas das espécies de pequenos pelágicos estudados (<i>Decapterus russelli</i> , <i>Leiognathus lineolatus</i> , <i>Myctophidae</i> e <i>Thryssa vitriostris</i>).....	19
Figura 3: Scree plot indicando a variância explicada pelos doze componentes principais. Os quatro primeiros componentes acumulam cerca de 64% da variância total, com ponto de inflexão após o quarto componente.	23
Figura 4: Representações bidimensionais dos quatro primeiros componentes principais (PCs) obtidos por PCA com variáveis ambientais e biológicas. Vectores indicam as direções das variáveis, enquanto os pontos representam as estações de amostragem. Os eixos mostram.....	25
Figura 5: Contribuição das variáveis no Componente Principal 2 (PC2). O oxigênio dissolvido (OXY), a clorofila (CHL) destacaram-se como principais contribuintes.....	27
Figura 6: Contribuição das variáveis no Componente Principal 1 (PC1). As variáveis SO e latitude apresentaram as maiores contribuições na explicação da variância neste componente.....	27
Figura 7: Contribuição das variáveis no Componente Principal 3 (PC3). As espécies <i>Leiognathus lineolatus</i> , <i>Decapterus russelli</i> e <i>Myctophidae</i> foram os principais vectores associados ao terceiro componente	27
Figura 8: Contribuição das variáveis no Componente Principal 4 (PC4). A espécie <i>Thryssa vitriostris</i> , a temperatura da superfície do mar (SST) e a profundidade do tiveram maior peso na composição do PC4	27
Figura 9: Abundância media das espécies em 2018 e 2023.....	29
Figura 10: Biplot da Análise de Componentes Principais (PCA) das distribuições das unidades amostrais ao longo do ano (2018 e 2023) e da estação (A e B) consoante a abundância das espécies de peixes. Os vetores têm a direção e a contribuição das espécies para a composição dos componentes principais ...	29

Lista de Abreviaturas

- PCA – análise de componentes principais
- PCs- componentes principais
- MIMAIP- Ministério do Mar, Águas Interiores e Pesca;
- INOM- Instituto Oceanográfico de Moçambique
- EAD- análise exploratória de dados
- SO-salinidade
- SST- temperatura superficial do mar
- CHL- clorofila – a
- NNPV- produtividade primaria líquida
- OXY- oxigénio dissolvido.

Índice

Dedicatória	iii
Agradecimentos.....	iv
Declaração de honra	v
Resumo.....	vi
Abstract	vii
Lista de figuras	viii
Lista de Abreviaturas.....	ix
1. Introdução.....	10
1.1. Problematização	11
1.2. Justificativa.....	12
2. Fundamentação teórica.....	14
2.1. Biologia e comportamento das espécies em estudo	14
2.2. Ciclo de vida	14
2.3. Habitat e comportamento	15
2.4. Variáveis Ambientais Abióticas em Ecossistemas Marinhos	16
3. Metodologia	18
3.1. Área de estudo.....	18
3.2. Variáveis ambientais.....	20
3.3. Tratamento e análise de dados.....	21
3.4. Seleção e Desempenho dos Componentes Principais	22
4. Resultados	24
4.1. Padrões de Distribuição de Espécies e Gradientes Ambientais.....	24
4.2. Contribuição das variáveis.....	26

4.3. Variação Espacial e Temporal na Estrutura da Comunidade de Peixes	28
6. Conclusões	32
7. Recomendações	33
9. Referências Bibliográficas	34
8. Anexos	44

CAPÍTULO I

1. Introdução

Os pequenos peixes pelágicos desempenham papel central nos ecossistemas marinhos costeiros e oceânicos. Actuando como elo fundamental entre a produção primária e os níveis tróficos superiores, como grandes peixes predadores, aves marinhas e mamíferos (Pikitch *et al.*, 2014). Além de sua importância ecológica, essas espécies possuem relevância socioeconómica significativa, sendo capturadas para o consumo humano e como isca na pesca de grandes peixes pelágicos (Lima *et al.*, 2020).

A distribuição e abundância desses peixes são fortemente influenciadas por variáveis ambientais abióticas, como temperatura, salinidade, oxigénio dissolvido e disponibilidade de nutrientes, que afectam directamente os padrões de crescimento, reprodução e sobrevivência das espécies (Dias, 2019). Estudos demonstram que as alterações nesses factores podem gerar deslocamentos sazonais e espaciais tanto em juvenis quanto refletindo respostas fisiológicas e comportamentais das populações (Zhang *et al.*, 2011).

Na costa de Moçambique, o aumento da pressão sobre os recursos pesqueiros, devido a pressão antrópica e a intensificação das actividades económicas tem destacado a necessidade de estratégias de gestão sustentável baseadas em evidências científicas (Hoguane, 2007). Além disso, a complexidade oceanográfica da região oceanográfica da região, por correntes costeiras, ressurgência e zonas pelágicas dinâmicas, influencia a distribuição das espécies e a produtividade biológica local (Malauene *et al.*, 2024).

Neste contexto, ferramentas estatísticas, como a análise de componentes principais, tem se mostrado esse eficaz para integrar grandes dados ambientais e biológicos (Rossi, 2017). A PCA permite reduzir a dimensionalidade dos dados correlacionados., identificando os principais factores que influenciam a distribuição das espécies e elucidando padrões complexos de variabilidade ecológica biológicas (Hongyu *et al.*, 2015; Greenacre *et al.*, 2022).

Compreender a distribuição espacial e os factores ambientais que moldam a ecologia dos pequenos pelágicos na costa de Moçambique, especialmente daquelas com importância comercial, é essencial para o sucesso da gestão pesqueira. Assim presente estudo propõe, portanto, a aplicação da PCA como ferramenta para investigar o efeito das variáveis ambientais na distribuição ecológica desses recursos pesqueiros essenciais.

1.1. Problematização

A distribuição e abundância dos pequenos peixes pelágicos nas águas marinhas territoriais de Moçambique são moldadas por interações complexas de factores ambientais, incluindo: temperatura da água, salinidade, oxigénio dissolvido, correntes oceânicas e produtividade primaria (Fennessy *et al.*, 2024). Estudos recentes indicam que mudanças climáticas, como o aumento da temperatura da superfície do mar e alterações nos padrões de ressurgência, têm provocado deslocamentos espaciais dessas espécies, afectando sua produtividade e disponibilidade para as pescarias (Naftal *et al.*, 2021).

Além das variáveis naturais, pressões antrópicas, incluindo aumento da actividade pesqueira, poluição costeira e mudanças no uso do solo marinho, têm contribuído para alterar a estrutura e a dinâmica dos ecossistemas costeiros, afectando a abundância e distribuição das populações de pequenos pelágicos (Halare *et al.*, 2022). Tais espécies desempenham papel essencial na economia local, sendo fonte de alimento para comunidades costeiras e insumos para a pesca industrial, o que reforça a importância de compreender seus padrões de distribuição para garantir a sustentabilidade dos recursos pesqueiros.

Embora estudos recentes tenham investigado a influência de variáveis ambientais sobre peixes pelágicos em diferentes regiões do Oceano Índico, há uma lacuna significativa em análises integradas que considerem a costa moçambicana. Em particular, faltam estudos que relacionem múltiplas variáveis ambientais e biológicas para identificar os factores mais determinantes na distribuição espacial e temporal dessas espécies. A ausência dessas análises limita a implementação de políticas de manejo pesqueiro baseadas em evidências, comprometendo a conservação da biodiversidade marinha e a segurança alimentar das comunidades locais.

Surgindo assim a seguinte pergunta de pesquisa:

Quais variáveis ambientais são mais sensíveis na distribuição dos pequenos peixes pelágicos?

1.2. Justificativa

A crescente pressão antrópica sobre os ecossistemas marinhos, aliada às mudanças climáticas, tem causado alterações significativas nas condições ambientais nas águas marinhas territoriais de Moçambique (Halare *et al.*, 2012). Variáveis como temperatura da água, salinidade, oxigênio dissolvido e intensidade da luz exercem influência directa sobre a distribuição e a abundância dos pequenos peixes pelágicos, afetando processos ecológicos fundamentais e a produtividade das pescarias (Mutombene *et al.*, 2021).

A costa de Moçambique apresenta elevada biodiversidade marinha, com habitats diversos que sustentam espécies de importância comercial e ecológica. A pesca de pequenos pelágicos é de grande relevância económica e social, garantindo subsistência e segurança alimentar para as comunidades costeiras (Ghermandi *et al.*, 2019). Entretanto, ainda existem lacunas no conhecimento sobre como múltiplas variáveis ambientais interagem para determinar a distribuição dessas espécies ao longo da costa moçambicana, limitando a compreensão de sua ecologia e dinâmica populacional.

Diante desse contexto, a presente pesquisa justifica-se pela necessidade de compreender os principais factores ambientais que influenciam a distribuição dos pequenos peixes pelágicos nas águas marinhas de Moçambique. Os resultados esperados contribuirão para o avanço do conhecimento científico sobre ecologia marinha, elucidando como variáveis abióticas interagem com a distribuição das espécies.

1.3. Objectivos

1.3.1. Geral

- Estudar a variação espacial e temporal da comunidade de pequenos peixes pelágicos nas águas territoriais da zona económica exclusiva de Moçambique e sua relação com variáveis ambientais.

1.3.2. Específico

- Relacionar a abundância das espécies pelágicas com os gradientes ambientais;
- Identificar os principais factores ambientais que explicam a variação de espécies pelágicas;
- Analisar a influência de factores ambientais e espaciais na distribuição de pequenos peixes pelágicos na costa de Moçambique.

CAPÍTULO II

2. Fundamentação teórica

2.1. Biologia e comportamento das espécies em estudo

2.2. Ciclo de vida

As espécies em estudo apresentam um ciclo de vida típico dos peixes pelágicos, podendo descrever-se da seguinte forma: durante a fase adulta a fêmea liberta ovos na coluna de água (Fonseca, 2020), estes são fertilizados pelo macho, seguidos de incubação, dando origem a larva, esta que desenvolve-se passando por um estágio juvenil, até se transformar em um indivíduo adulto (Pinto, 1995) (fig.1).

Os peixes pelágicos de modo geral, habitam nas camadas médias e superiores da coluna de água, sem dependência directa do fundo marinho. Dentre os representantes das espécies pelágicas de pequeno porte estão arenques, espadilhas, sardinhas, anchovas, Capelins, carapaus, cavalas e badejos (Martins *et al.*, 2013).

Em peixes pelágicos existem diversas estratégias reprodutivas que contribuíram para o sucesso na ocupação de ambientes distintos (Ribeiro *et al.*, 2007). A maioria dos peixes marinhos libera suas células reprodutoras na água, onde ocorre a fertilização externa. Eles produzem milhões de ovos, que dão origem a larvas após cerca de 24 horas de desenvolvimento (Machava, 2024).

Assim, o tipo de desova, relacionado ao tipo de desenvolvimento ovocitário e à frequência de liberação de ovócitos maduros em um período de reprodução, e a fecundidade, relacionada ao tamanho dos indivíduos e às condições ambientais, tanto em espécies de água doce como marinhas, apresentam variações consideráveis (Araújo, 2009). A *Decapterus russelli* tem dois picos, um em agosto-setembro e outro em fevereiro-abril (Poojary *et al.*, 2015). *Trissa vitriostis* apresenta uma migração vertical de alimentação durante o dia que difere entre adultos e juvenis. Os adultos maiores costumam se alimentar próximo à superfície durante o dia e descem para o fundo à noite. Já os juvenis e adultos menores formam cardumes cerca de 100 metros acima do fundo durante o dia e, à noite, se reúnem em grupos alimentares mais dispersos próximo à superfície (Pinto, 1995).

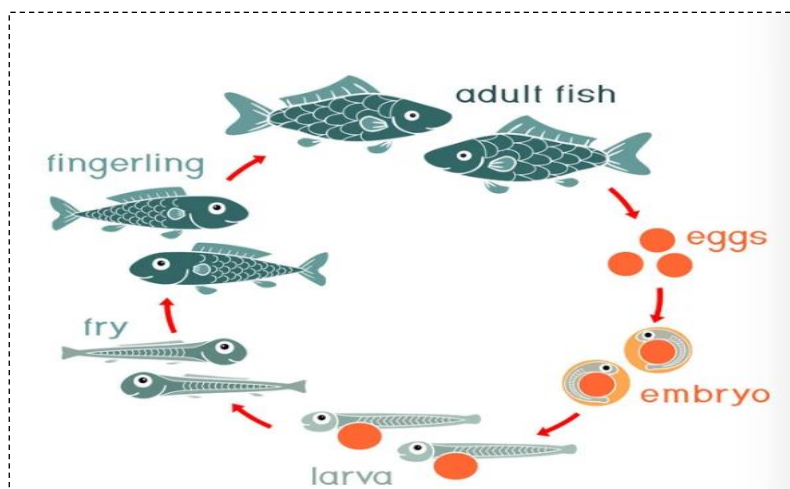


Figura 1: ciclo de vida de peixes pelágicos(Fonte: <https://thumbs.dreamstime.com/b/ciclo-de-vida-dos-peixes-sequ%C3%A2ncia-das-fases-do-desenvolvimento-ovo-ao-animal-adulto-ovas-139551911.jpg?w=768>)

2.3. Habitat e comportamento

As espécies em estudo estão amplamente distribuídas em águas tropicais e subtropicais ao redor do mundo, incluindo a costa moçambicana. São consideradas espécies pelágico-costeiras, podendo ser encontradas na superfície, assim como em profundidades de aproximadamente 200 metros. O seu comportamento é influenciado por factores como habitat, idade e padrões migratório, o que resulta em variações em sua variabilidade ecológica (Pinto, 1995). Em áreas de afloramento costeiro, o sucesso e a alta abundância de peixes pelágicos têm sido ligados à sua capacidade de adaptar os hábitos alimentares (Cury *et al.*, 2000).

De modo geral os peixes pelágicos apresentam rápido crescimento, maturação precoce e pequeno porte corporal, tais características que os tornam particularmente sensíveis as mudanças climáticas nos ambientes marinhos (Cury, *et al.*, 2000). Por isso são frequentemente utilizados como bioindicadores de variabilidade ambiental nos oceanos. A dinâmica dessas populações, em resposta as alterações climáticas, pode impactar de maneira significativa a distribuição da biomassa e a composição das capturas, com efeitos diretos sobre os ecossistemas e a actividade pesqueira.

Um exemplo notável de espécies com comportamento adaptativo está a família (*Myctophidae*) conhecido como peixes-lanterna, esses peixes possuem diversos fotóforos na região ventral que os ajudam a se proteger de predadores. Esses peixes vivem nas zonas meso pelágica e batipelágica dos oceanos, entre 200 e 1000 metros de profundidade, e realizam migrações verticais diárias. À noite, eles

sobem para áreas mais rasas e frequentemente iluminadas pela luz da lua, onde se alimentam principalmente de plâncton (Benvenuti e Fischer, 2010).

2.4. Variáveis Ambientais Abióticas em Ecossistemas Marinhos

A temperatura exerce um papel fundamental no controle do ambiente aquático, atuando como reguladora de processos físicos e químicos. As mudanças de temperatura fazem parte do clima natural, com variações sazonais e diurnas em corpos de água, que também podem apresentar estratificação vertical. Factores como a radiação solar, latitude, altitude, época do ano, hora do dia, fluxo de água e profundidade influenciam a temperatura da água (Juliassse, 2018). Essas oscilações térmicas afectam diretamente a estratificação da coluna de água e consequentemente, a disponibilidade de nutrientes e oxigénio (Shi *et al.*, 2022). Como organismos ectotérmicos, os peixes não regulam internamente sua temperatura corporal. Portanto, em águas mais frias, seu metabolismo desacelera, deixando-os mais enfraquecidos. Com um metabolismo mais lento, os peixes tendem a se alimentar menos, já que precisam de menos energia para manter suas funções vitais (Saquenha, 2015).

Além da temperatura, existem outras variáveis abióticas como oxigénio dissolvido, salinidade, transparência da água e pH que desempenham papéis críticos (Kubitza, 2025). Por exemplo, baixas concentrações de oxigénio podem reduzir a taxa de crescimento das espécies. A salinidade, por sua vez, influencia processos osmóticos e pode limitar a distribuição geográfica de determinadas espécies (Harrison e Whitfield, 2006).

Adicionalmente, a turbidez e a transparência da água determinam a penetração da luz na coluna de água, afectando a disponibilidade de habitat e a eficiência na captura de presas por espécies visuais (Kirk, 2011). Processos de ressurgência costeira enriquecem a coluna de água com nutrientes inorgânicos, aumentando a produtividade primária e secundária que sustenta pequenos pelágicos (Bakun *et al.*, 2010). As correntes oceânicas e a circulação costeira influenciam o transporte de ovos e larvas, modulando o recrutamento e a conectividade populacional (Paris *et al.*, 2007).

A estratificação vertical da coluna de água também regula a distribuição de oxigénio e nutrientes, interferindo em padrões de migração vertical de espécies como *Myctophidae* (Irigoien *et al.*, 2014). Além disso, a acidificação oceânica (alterações de pH associadas ao aumento de CO₂ atmosférico) pode impactar processos fisiológicos e ecológicos, afectando tanto organismos calcificadores quanto espécies dependentes das cadeias alimentares marinhas (Gattuso e Hansson, 2011).

Assim, a interação entre múltiplas variáveis abióticas molda a abundância, crescimento, reprodução e padrões de distribuição dos pequenos pelágicos. Alterações ambientais associadas a mudanças climáticas representam uma pressão adicional, com potenciais efeitos sobre a disponibilidade de recursos pesqueiros e a estrutura comunitária (Cheung *et al.*, 2010).

CAPÍTULO III

3. Metodologia

3.1. Área de estudo

O estudo foi realizado ao longo da costa de Moçambique, uma região caracterizada por elevada biodiversidade marinha e grande importância socioeconômica, especialmente para as comunidades que dependem da pesca de pequenos peixes pelágicos. A área de estudo que compreende aproximadamente as Latitudes 10°20' S e 26°50' S, com uma extensão de cerca de 2.770 Km de comprimento (Hoguane, 2007).

A Zona Costeira Moçambicana é a terceira mais extensa de África com cerca de 2600 km, e está delimitada entre os paralelos 10° 27' S (Rio Rovuma) e 26° 52' S (Ponta do Ouro), nas fronteiras com a República da Tanzânia e com a República da África do Sul, a Norte e Sul respectivamente (Langa, 2007).

A costa de Moçambique é reconhecida como uma das mais vulneráveis ao longo da costa Africana dada a existência de extensas áreas abaixo do contorno 20 m de altitude (Bié, 2017). Adicionalmente sua localização geográfica a torna propensa à ocorrência de ciclones e tempestades tropicais e, particularmente, pelo fato de possuir uma ampla e rasa plataforma continental e alturas (ranges) de maré astronômica que podem exceder 6 m na região central (Mavume *et al.*, 2009).

O clima da região é predominantemente tropical húmido com duas estações distintas: seca (inverno) e húmida (verão). A precipitação média anual é cerca de 1200mm, concentrando-se principalmente durante o verão, entre os meses de Novembro e Abril (Hoguane, 2007). A influência da Zona de Convergência Intertropical na parte norte (ao longo do Zambeze) concentra as chuvas na estação húmida, enquanto a região de transição do Zambeze regista os maiores valores pluviométricos anuais (1 200–1 600 mm) (Pereira *et al.*, 2014).

A costa moçambicana é relativamente complexa, rica em ecossistema marinho incluindo, recifes de coral, florestas de mangais, tapetes de ervas marinhas e zonas pelágicas dinâmicas que constituem maiores habitats para espécies tropicais (Hoguane e Pereira, 2003).

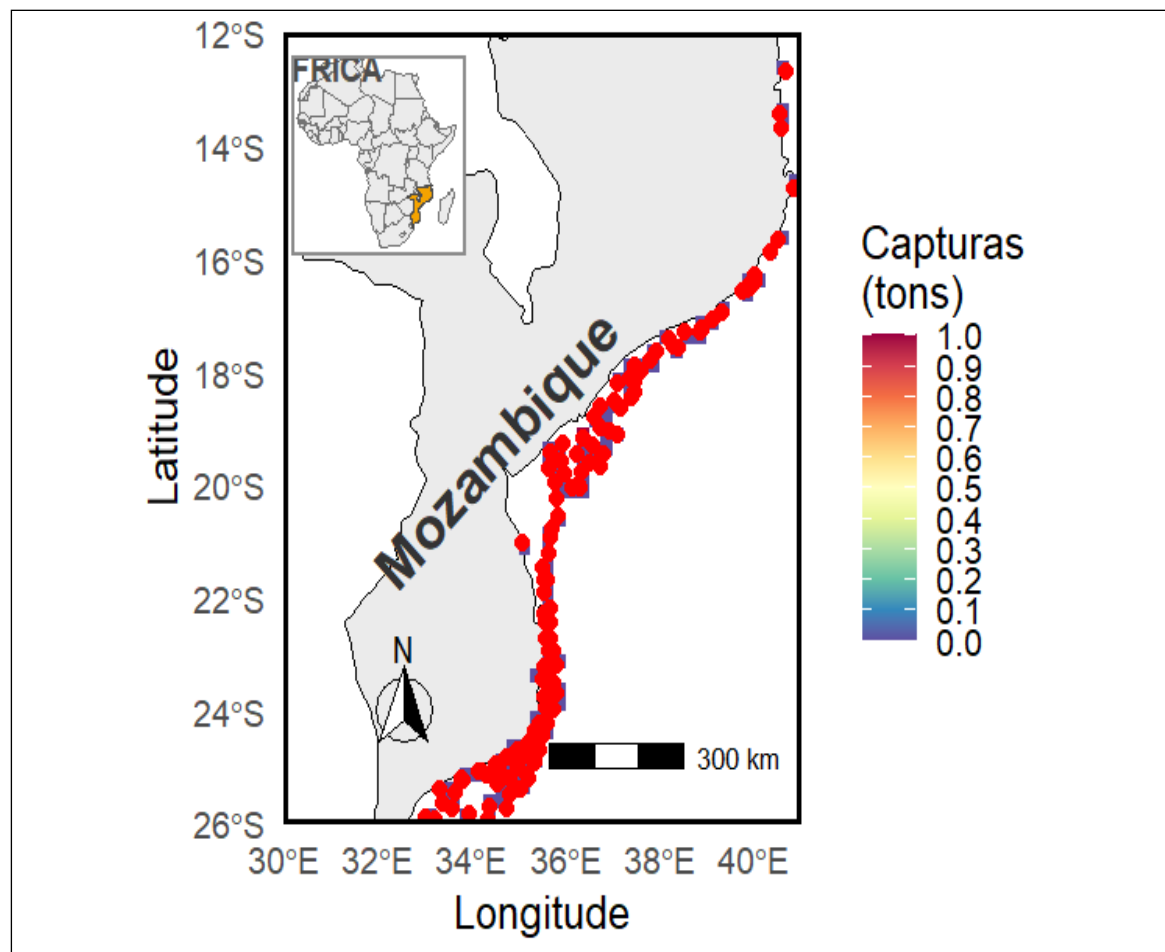


Figura 2: Área de estudo. Águas territoriais da zona económica exclusiva de Moçambique, com a densidade das capturas das espécies de pequenos pelágicos estudados (*Decapterus russelli*, *Leiognathus lineolatus*, *Myctophidae* e *Thryssa vitriostris*)

Dados dos Recursos Pesqueiros

Para o presente estudo, foram considerados pequenos peixes pelágicos, tais como *Decapterus russelli*, *Leiognathus lineolatus*, espécies da família *Myctophidae* e *Thryssa vitriostris*, cujos dados foram obtidos no Instituto Nacional de Investigação Pesqueira (INOM). As informações utilizadas neste estudo foram coletadas durante cruzeiros científicos realizados a bordo do navio Dr. Fridtjof Nansen, na Zona Econômica Exclusiva de Moçambique, abrangendo os períodos de fevereiro-março e maio-junho dos anos 2018 e 2023, respectivamente.

A coleta foi realizada por meio de arrastos pelágicos em estações previamente estabelecidas, seguindo um esquema amostral composto por transectos paralelos e perpendiculares à linha costeira, com espaçamentos aproximados de 15 milhas náuticas. A amostragem ao longo desses transectos foi dividida por faixas de profundidade, variando de 0 a 20 m, 20 a 50 m, 50 a 100 m, 100 a 200 m e 200 a 1000 m,

com o objetivo de analisar a distribuição horizontal e vertical das espécies. Todas as capturas foram identificadas por espécie, registrando-se o número e o peso de cada uma. Para as espécies consideradas prioritárias pelo MIMAIP, devido à sua importância socioeconômica, foram coletados dados adicionais de comprimento e peso utilizando um medidor eletrônico de peixes conectado a um sistema de aquisição de dados automatizado. Dessa forma, a base de dados final inclui informações detalhadas sobre a localização exata de cada arrasto (longitude e latitude), data e hora (ano, mês, dia, hora, minuto e segundo), profundidade da captura, dados específicos de cada espécie capturada (nome científico, quantidade de indivíduos, peso) e outras informações complementares.

Um amplo conjunto de espécies de peixes foi selecionado para este estudo com base em dois critérios principais: (1) a ocorrência registrada de pelo menos um indivíduo da espécie em, no mínimo, uma estação por ano; e (2) uma frequência média anual de ocorrência superior a 30%.

E do total de 1062 espécies registradas no levantamento de pesca de arrasto pelágico costeira, foram selecionadas quatro espécies de pequenos pelágicos com maior abundância nos anos 2018 e 2023 respectivamente.

3.2. Variáveis ambientais

Para a realização deste estudo, foram utilizados dados ambientais correspondentes ao período de referência de estudo (2018-2023) estas que foram adquiridas no consórcio MyOcean-Copernicus EU (marine.copernicus.eu) no formato netCDF e foram convertidos para o formato CSV com o auxílio do software Panoply NASA. As variáveis ambientais consideradas foram: salinidade (SO), temperatura (SST), oxigênio (OXY), clorofila (CHL) e produtividade primária (NNPV) camada das águas e estes dados foram extraídos do produto (<https://doi.org/10.48670/moi-00016>). GLOBAL_ANALYSISFORECAST_PHY_001_024 ambos com resolução espacial de $\frac{1}{4}^{\circ}$ e resolução temporal diária. Os dados foram acessados e baixados em 2025. Posteriormente, esses dados foram agrupados e ajustados às capturas em cada estação de pesca, considerando a posição geográfica (longitude e latitude) e a data (ano, mês, dia e hora), calculando-se médias diárias com variação espacial de $\frac{1}{4}^{\circ}$.

Os dados foram extraídos para cada local (longitude e latitude) e data da pescaria, utilizando códigos desenvolvidos no RStudio, versão 4.4.3, por meio dos pacotes netCDF4 (Pierce, 2025), tidyverse e lubridate além de funções básicas do programa R.

3.3. Tratamento e análise de dados

Previamente à realização da Análise de Componentes Principais (PCA), foi realizada uma Análise Exploratória de Dados (AED), cujo objetivo foi verificar a existência de valores ausentes, outliers e assegurar a consistência das variáveis. Os dados processados foram extraídos do site Marine Copernicus e previamente convertidos para o tipo de ficheiro CSV através do software Panoply. Subsequentemente, foram organizados e limpos no Microsoft Excel, de forma a serem mais aptos para posterior análise estatística no ambiente RStudio.

O conjunto de dados incluiu variáveis ambientais (temperatura da superfície do mar, salinidade, clorofila, oxigênio dissolvido e produtividade primária líquida), variáveis biológicas (abundância de espécies pelágicas), finalmente, variações espaciais (latitude e profundidade) e temporais (ano de coleta). A inclusão dessa variação espacial e temporal foi essencial para contar como julgar a variação ecológica ao longo do tempo e entre diferentes regiões do Canal de Moçambique, aumentando a robustez da interpretação ecológica da PCA.

Para tornar comparáveis variáveis com diferentes magnitudes e escalas de medição, os dados numéricos foram padronizados por meio da técnica de z-score, através da função `scale()` do R. Esse procedimento reescala os dados para uma faixa comum de medição com média zero e desvio padrão unitário, evitando que variáveis com alta amplitude dominem a análise multivariada dos dados. O processo de padronização foi aplicado a todas as variáveis contínuas, como latitude, profundidade e abundância de espécies, para equilibrar a análise posterior.

A Análise de Componentes Principais foi realizada através da função `prcomp()` com os parâmetros `center = TRUE` e `scale. = TRUE`, que asseguram o centramento, como descrito no item anterior, além de realizarem a padronização dos dados. Nesta técnica foi possível a redução da dimensionalidade do conjunto de dados, mantendo grande parte da variância explicada, e tornou mais acessível a identificação de padrões de campo, de variações espaciais e temporais, além de possíveis agrupamentos de espécies e estações.

A interpretação dos principais componentes foi realizada sobre as cargas fatoriais (loadings), que são as contribuições diretas de cada variável para as construções dos principais componentes. Escores altos

(positivos ou negativos) foram considerados fortes evidências de influência da variável no componente. Para julgar a representação de ótima qualidade das variáveis no plano de coordenadas definido pelos dois primeiros componentes principais, foi utilizado o cosseno ao quadrado ($\cos^2$).

Os resultados foram visualizados por meio de biplots e de gráficos de contribuição, executados por meio dos pacotes *factoextra* e *ggplot2*, que nos permitiram efectuar uma análise coordenada entre as avaliações, os anos e as localizações, tendo como objectivo final a interpretação espacial e ecológica dos modelos encontrados na costa de Moçambique.

3.4. Seleção e Desempenho dos Componentes Principais

Para investigar a influência das variáveis ambientais na distribuição dos pequenos peixes pelágicos, aplicou-se a Análise de Componentes Principais (PCA). Essa técnica estatística permite reduzir a dimensionalidade dos dados, transformando um conjunto de variáveis correlacionadas em componentes independentes que resumem a maior parte da variabilidade presente nos dados.

A seleção dos componentes principais a serem retidos baseou-se nos autovalores de Kaiser (componentes com autovalor superior a 1) e na análise do Scree Plot, que evidencia a variação explicada por cada componente. Foram retidos quatro componentes principais que atenderam a esses critérios, explicando conjuntamente 63,95% da variância total (PC1: 25,56%; PC2: 17,44%; PC3: 10,62%; PC4: 10,32%). Componentes com baixa contribuição relativa à variância total foram descartados, mantendo-se apenas aqueles que representassem de forma significativa a estrutura dos dados ambientais.

O desempenho dos componentes selecionados foi avaliado observando-se a variância explicada cumulativa, garantindo que os componentes retidos representassem de forma adequada a variabilidade total do conjunto de dados, servindo de base para as análises subsequentes de interpretação ecológica.

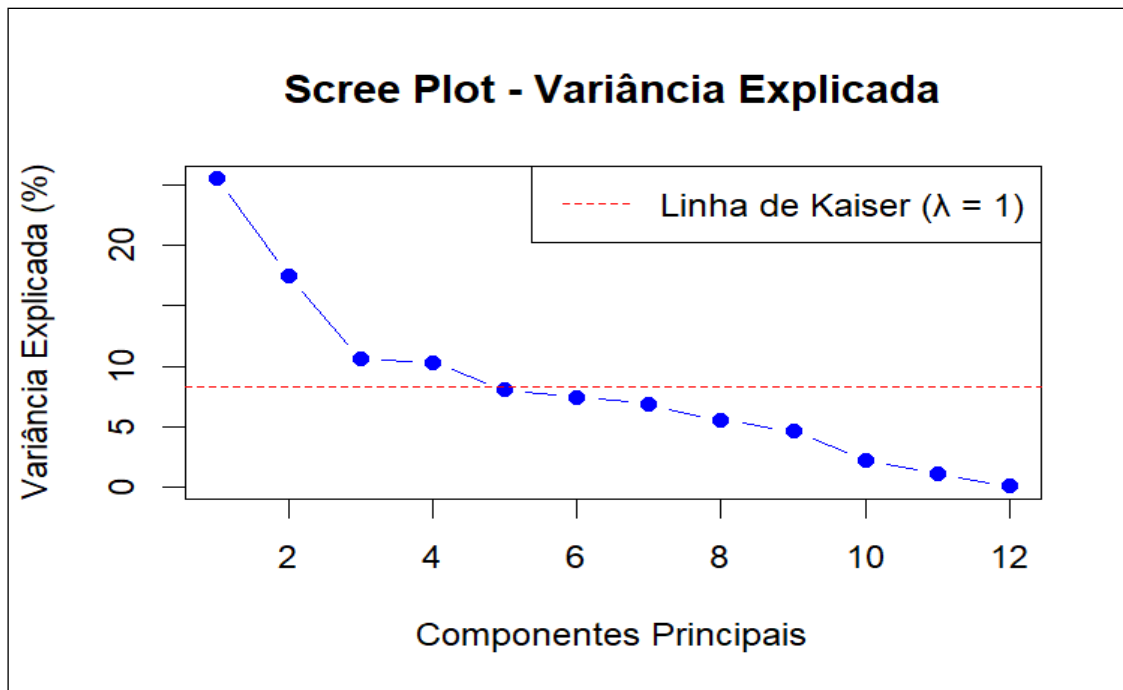


Figura 3:Scree plot indicando a variância explicada pelos doze componentes principais. Os quatro primeiros componentes acumulam cerca de 64% da variância total, com ponto de inflexão após o quarto componente.

CAPÍTULO IV

4. Resultados

4.1. Padrões de Distribuição de Espécies e Gradientes Ambientais

A Figura 5 apresenta os biplots da Análise de Componentes Principais (PCA), que ilustram a relação entre as espécies pelágicas estudadas (*Myctophidae*, *Thryssa vitrirostris*, *Decapterus russelli* e *Leiognathus lineolatus*) e as variáveis ambientais (temperatura da superfície do mar, oxigênio dissolvido, salinidade, clorofila-a, produtividade primária líquida, latitude e profundidade).

No plano PC1 × PC2, os *Myctophidae* são apresentados associados a águas profundas, evidenciando o padrão da sua ocorrência em camadas mesopelágicas. Em comparação, *Thryssa vitrirostris* está apresentada relacionada com áreas com maior produtividade primária e maior salinidade, evidenciando proximidade com zonas costeiras produtivas e bem oxigenadas.

Em PC1 × PC3, uma espécie está associada a ambientes produtivos e salgados, o que é equivalente à sua ocorrência em águas costeiras ricas em nutrientes. Já *Decapterus russelli* se encontra no sentido oposto à temperatura superficial e ao oxigênio dissolvido, tendo-se localizado em ambientes com águas ligeiramente mais frias e menos oxigenadas.

No plano PC2 × PC3, observa-se que *L. lineolatus* e *D. russelli* ainda estão associados à clorofila-a e à produtividade primária, confirmando assim sua localização em zonas com alta disponibilidade alimentar. Os *Myctophidae* mantêm correlação com águas profundas, e *T. vitrirostris* se projeta para regiões mais superficiais e oxigenadas.

No plano PC3 × PC4, destaca-se novamente *Thryssa vitrirostris*, que aparece relacionada a águas de maior produtividade e temperatura superficial, reforçando o seu vínculo com ambientes mais tróficos. As demais espécies apresentam distribuição mais próxima ao centro do gráfico, sem uma correlação marcada com variáveis específicas. De modo geral, os biplots permitem identificar padrões de associação entre as espécies e os principais gradientes ambientais: profundidade, que diferencia os *Myctophidae* das espécies costeiras; produtividade e clorofila-a, que influenciam *L. lineolatus* e *D. russelli*; e condições físico-químicas da água (salinidade, oxigênio e temperatura), que estão ligadas à ocorrência de *T. vitrirostris*.

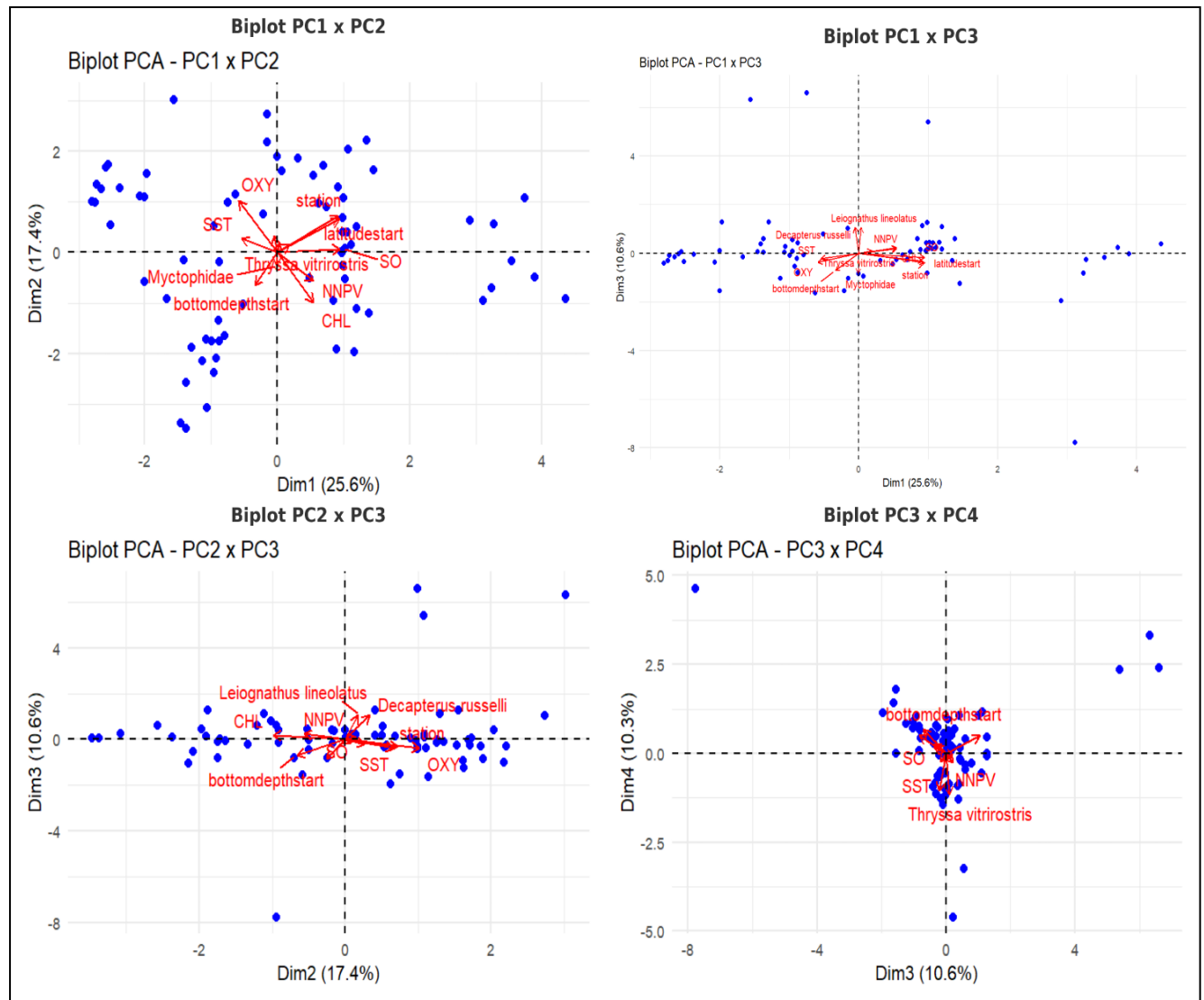


Figura 4: Representações bidimensionais dos quatro primeiros componentes principais (PCs) obtidos por PCA com variáveis ambientais e biológicas. Vectores indicam as direções das variáveis, enquanto os pontos representam as estações de amostragem. Os eixos mostram

4.2. Contribuição das variáveis

A análise da contribuição de cada variável para a formação dos quatro primeiros Componentes Principais (PCs) revela quais fatores ambientais e biológicos mais influenciaram a variabilidade observada. No PC1, destacaram-se a salinidade superficial e a latitude, ambas acima da linha de corte estabelecida. Isso indica que esse primeiro eixo foi fortemente estruturado por um gradiente espacial e de salinidade, o que influencia diretamente a distribuição das espécies ao longo da costa de Moçambique.

No PC2, as variáveis que mais contribuíram foram o oxigênio dissolvido e a clorofila-a, seguidas pela profundidade e pela latitude. A presença conjunta desses fatores sugere que esse componente está associado à qualidade da água e à disponibilidade de alimento, elementos cruciais para a organização da comunidade pelágica.

O PC3 foi principalmente caracterizado pelas espécies *Leiognathus lineolatus*, *Decapterus russelli* e representantes da família *Myctophidae*, em conjunto com a profundidade. Esse padrão mostra que, a partir desse eixo, é possível diferenciar espécies costeiras, mais associadas a águas produtivas, daquelas de hábito mesopelágico, que ocupam camadas mais profundas.

No caso do PC4, a maior contribuição veio da espécie *Thryssa vitrirostris*, acompanhada pela temperatura da superfície do mar e pela profundidade. Essa combinação indica que esse componente está mais relacionado a variações térmicas e à ocupação de ambientes superficiais e costeiros.

De modo geral, os quatro primeiros componentes evidenciam que as condições físico-químicas da água (como salinidade, oxigênio e temperatura), a produtividade biológica (clorofila-a e produtividade primária) e a profundidade, em interação com as espécies analisadas, foram os principais factores que explicam a variação observada. As Figuras 7 a 10 ilustram esses resultados, destacando as variáveis e espécies que mais contribuíram para a definição de cada eixo.

Estudo do efeito da variação ambiental na distribuição ecológica dos pequenos peixes pelágicos nas águas marinhas territoriais de Moçambique

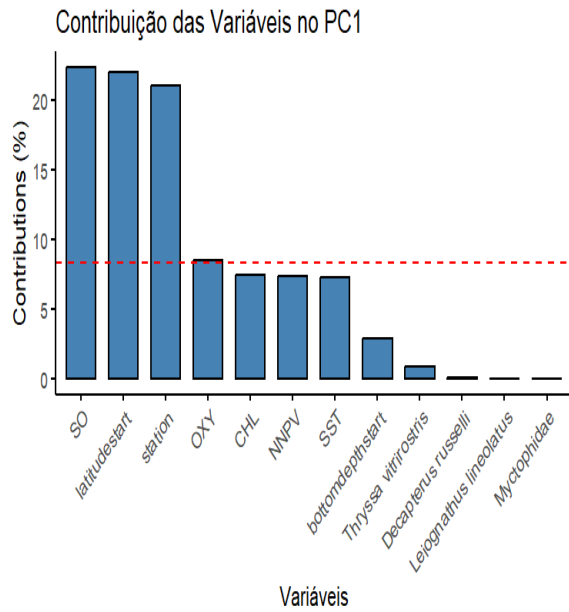


Figura 6: Contribuição das variáveis no Componente Principal 1 (PC1). As variáveis SO e latitude apresentaram as maiores contribuições na explicação da variância neste componente

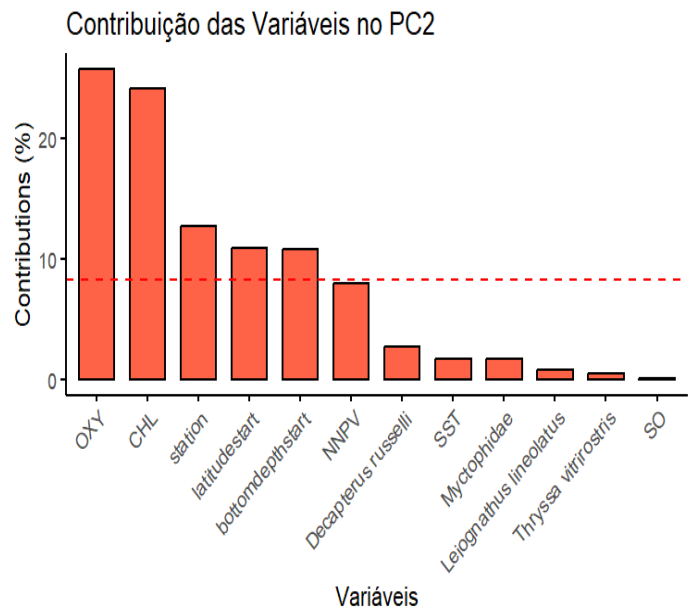


Figura 5: Contribuição das variáveis no Componente Principal 2 (PC2). O oxigênio dissolvido (OXY), a clorofila (CHL) destacaram-se como principais contribuintes

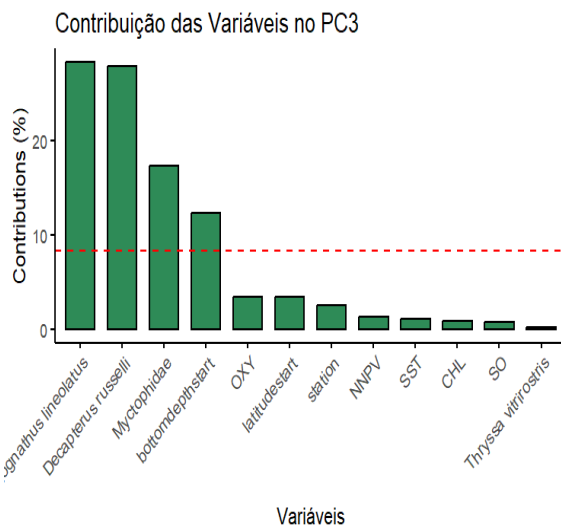


Figura 7: Contribuição das variáveis no Componente Principal 3 (PC3). As espécies *Leiognathus lineolatus*, *Decapterus russelli* e *Myctophidae* foram os principais vectores associados ao terceiro componente

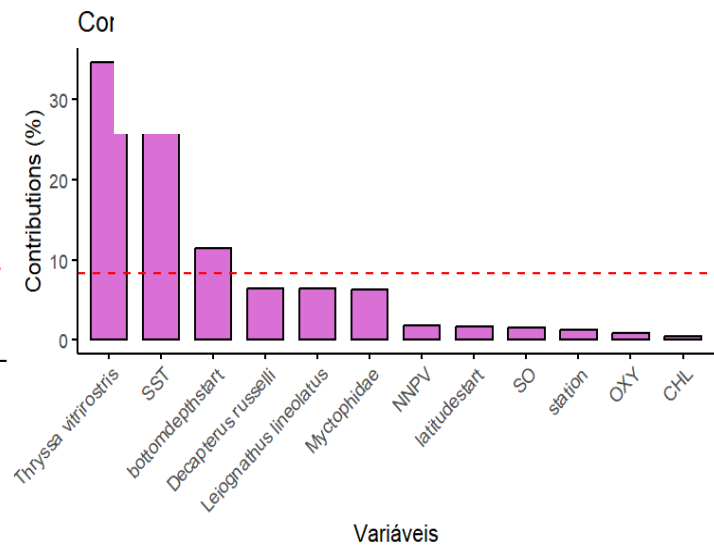


Figura 8: Contribuição das variáveis no Componente Principal 4 (PC4). A espécie *Thyssa vitirostris*, a temperatura da superfície do mar (SST) e a profundidade do tiveram maior peso na composição do PC4

4.3. Variação Espacial e Temporal na Estrutura da Comunidade de Peixes

A Figura 9 apresenta a abundância média de quatro táxons de pequenos peixes pelágicos nas águas territoriais de Moçambique em 2018 (verde) e 2023 (laranja). *Leiognathus lineolatus* manteve a maior abundância média em ambos os anos, com valor ligeiramente superior em 2018, enquanto *Decapterus russelli*, *Myctophidae* e *Trissa vitriostriis* aumentaram em 2023. Esses padrões sugerem uma reorganização temporal da comunidade entre 2018 e 2023, possivelmente associada a variações ambientais, mudanças na disponibilidade de recursos ou pressões antrópicas.

A Figura 10 mostra o biplot da Análise de Componentes Principais (PC1 × PC2), com pontos codificados por ano (2018 — azul; 2023 — vermelho) e por estação de amostragem (A = círculo, região sul; B = quadrado, região norte). Os vetores no biplot indicam a contribuição das espécies para os componentes principais. O primeiro componente (PC1, eixo horizontal) actua como o principal eixo de separação temporal: as observações de 2018 concentram-se predominantemente no lado esquerdo do biplot, enquanto as de 2023 situam-se maioritariamente à direita, evidenciando alteração na composição da comunidade entre os períodos amostrais.

Em termos espaciais, a família *Myctophidae* apresentou maior contribuição para as amostras de 2018, sobretudo na estação B (norte). *Leiognathus lineolatus* esteve mais associada às amostras de 2023, enquanto *Thryssa vitriostriis* foi mais representativa em 2018, com predomínio na estação A (sul). *Decapterus russelli* ocorreu ao longo de ambos os anos, com tendência de predomínio na estação A. Em conjunto, as Figuras 10 e 11 indicam que a estrutura da comunidade de pequenos pelágicos na costa de Moçambique varia tanto no tempo quanto no espaço, apontando para respostas biológicas a factores ambientais e/ou a pressões antrópicas.

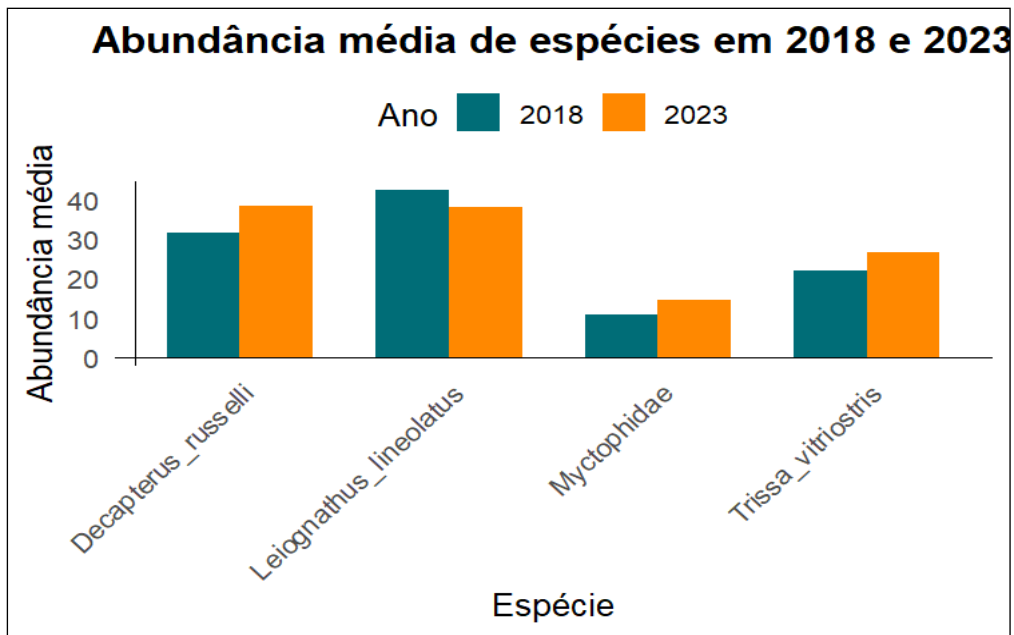


Figura 9: Abundância média das espécies em 2018 e 2023

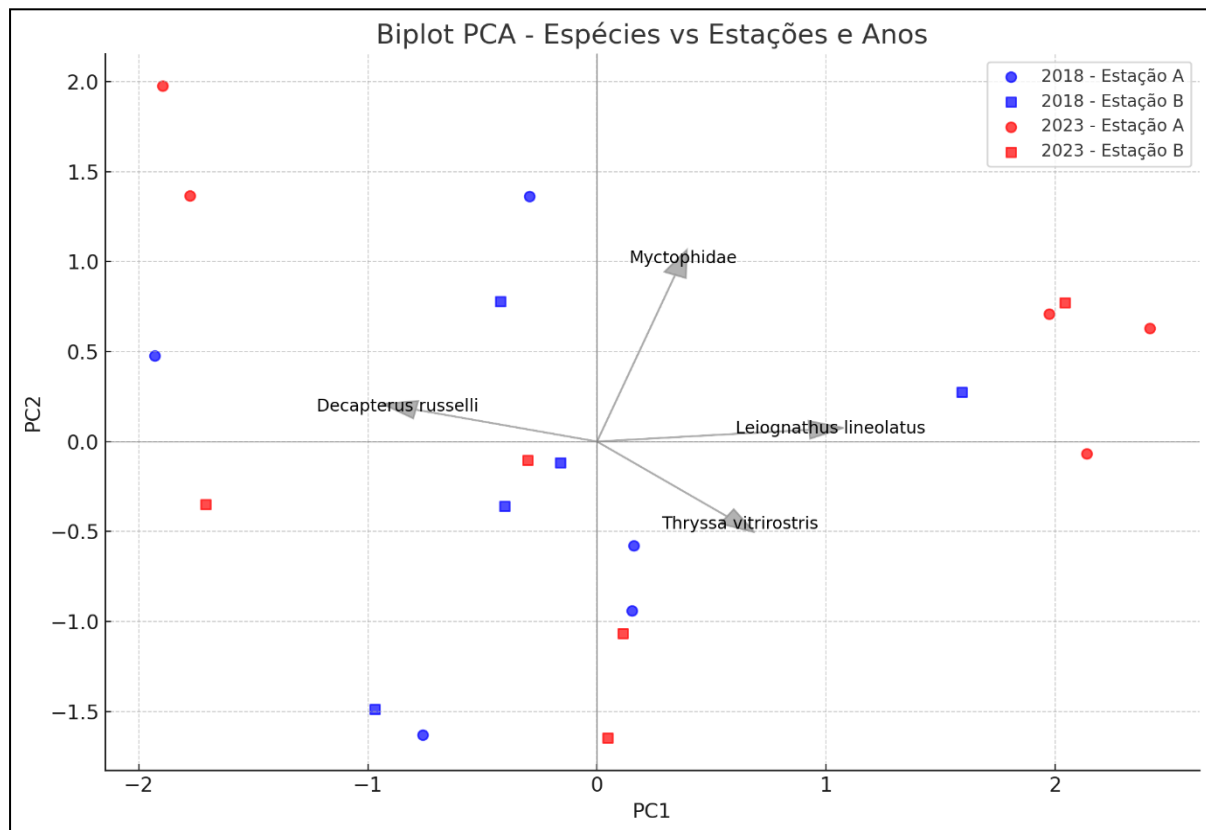


Figura 10: Biplot da Análise de Componentes Principais (PCA) das distribuições das unidades amostrais ao longo do ano (2018 e 2023) e da estação (A e B) consoante a abundância das espécies de peixes. Os vetores têm a direção e a contribuição das espécies para a composição dos componentes principais

CAPÍTULO V

5. Discussão

A interpretação dos padrões de interação entre peixes e habitat é fundamental à ecologia marinha e à gestão de recursos pesqueiros de forma sustentável (Auster *et al.*, 2001). A PCA no presente trabalho demonstrou ser um importante instrumento de análise para a deteção dos principais factores do ambiente que influenciam a distribuição de espécies pelágicas no Canal de Moçambique. A possibilidade da PCA de converter um conjunto de variáveis originais correlacionadas em eixos ortogonais dimensionados e explicativos simplifica a interpretação de padrões de ecologia altamente complexos (Jolliffe, 2002; Jolliffe e Cadima, 2016).

A análise conduziu à retenção de quatro componentes principais (PCs) com autovalores acima de 1 que explicaram no conjunto 63,95% da variância total dos dados de entrada. Tal nível de explicação é julgado suficiente nos estudos ambientais que invocam a interação de vários fundamentos de forma simultânea (Hongyu *et al.*, 2015; Matos e Rodrigues, 2019). O plot de dispersão dos autovalores (Scree Plot) confirmou a validade da retenção dos quatro primeiros PCs observando-se um ponto de inflexão após o quarto componente. O primeiro componente (PC1), que explicava 25,56% da variância, foi fortemente impactado pelo estado de salinidade da superfície do mar (SO), latitude. Este padrão indicia um gradiente espacial através do canal no sentido que a variância halina poderá refletir diferenças entre massas de águas estuarinos e oceânicas (Hoguane, 2007; Gouveia *et al.*, 2017). A salinidade tem impacto direto na fisiologia de espécies e nas preferências de habitat de forma demonstrada pelos trabalhos de Soares (2012) e Bintoro *et al.* (2019).

O segundo componente (PC2), que explicou 17,44% da variância, foi dominado principalmente pelas variáveis oxigênio dissolvido (OXY) e clorofila-a (CHL), sendo que esta última apresentou carga negativa. Essa oposição sugere que áreas com maior produtividade primária (representada pela clorofila-a) tendem a apresentar menores níveis de oxigênio dissolvido, o que é coerente com estudos que associam zonas eutróficas à redução de oxigênio nas camadas sub-superficiais da água (Ciotti *et al.*, 2006; Pitcher *et al.*, 2011). A limitação imposta pela baixa disponibilidade de oxigênio à presença de organismos aquáticos também já foi amplamente documentada em ambientes tropicais (Ferreira *et al.*, 2020). Por outro lado, *Myctophidae* e a profundidade do fundo apresentaram cargas negativas, revelando uma distinção entre espécies associadas à plataforma continental e aquelas de ambiente mesopelágico. Essa

separação pode estar relacionada à estratificação térmica das águas e a variação na disponibilidade de recursos tróficos ao longo da coluna de água, factores comumente citados como determinantes da distribuição vertical das espécies (Paxton *et al.*, 1989; Jone e campana, 2009). O quarto componente (PC4), responsável por 10,32% da variância, apresentou contribuição expressiva da espécie *Thryssa vitirostris* (com carga negativa) e da temperatura da superfície do mar (SST). A associação inversa entre SST e *T. vitirostris* pode indicar uma preferência da espécie por águas relativamente mais frias ou por regiões de ressurgência, onde há maior produtividade (Hafray *et al.*, 2012). Esse resultado reforça a sensibilidade térmica de espécies pelágicas tropicais, cuja distribuição é frequentemente influenciada por variações sazonais e inter anuais da temperatura da água.

Os biplots gerados permitiram visualizar as relações entre as estações de amostragem e as variáveis ambientais e biológicas nos diferentes planos formados pelos componentes principais. A segmentação observada nos planos PC1×PC2, PC1×PC3, PC2×PC3 e PC3×PC4 evidencia agrupamentos distintos, que provavelmente correspondem a zonas ecológicas caracterizadas por diferentes condições físico-químicas. Esses padrões são particularmente relevantes para o delineamento de áreas prioritárias à conservação e para a aplicação de estratégias de gestão pesqueira adaptativa (Ribeiro *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2014).

A análise da contribuição relativa das variáveis aos componentes principais reforça a importância de factores espaciais (como latitude), físico-químicos (como salinidade, oxigênio dissolvido e temperatura da superfície) e biológicos (como clorofila-a e presença de espécies-chave). Essa diversidade de variáveis influencia de forma multifatorial a estrutura das comunidades ictiológicas, em conformidade com abordagens integradas recomendadas em estudos de ecologia marinha (Carvalho *et al.*, 2001; Zhang *et al.*, 2011). Por fim, a comparação entre os anos de amostragem (2018 e 2023) e entre as Estações A e B revelou variações temporais e espaciais significativas na composição da ictiofauna. Essa dinâmica pode refletir a influência de eventos climáticos, mudanças sazonais, pressão pesqueira ou alterações nos níveis de nutrientes. Tais resultados destacam a necessidade de monitoramento contínuo e de estratégias de gestão pesqueira adaptativas para garantir a sustentabilidade dos estoques (FAO, 2020; Douvere e Ehler, 2011). Assim, os resultados confirmam que cada espécie responde de forma distinta aos gradientes ambientais, evidenciando a diversidade de estratégias ecológicas que estruturam a ictiofauna do Canal de Moçambique.

CAPÍTULO VI

6. Conclusões

O presente estudo permitiu compreender de que forma os gradientes ambientais estruturam a comunidade de pequenos pelágicos no Canal de Moçambique. A aplicação da Análise de Componentes Principais (PCA) mostrou-se eficaz na identificação dos factores ambientais mais relevantes, simplificando a interpretação de relações complexas entre espécies e habitat.

A aplicação da Análise de Componentes Principais permitiu identificar os principais gradientes ambientais que estruturam as comunidades de pequenos pelágicos no Canal de Moçambique. Salinidade e o gradiente espacial (latitude), oxigénio dissolvido, indicadores de produtividade (clorofila-a, produtividade primária), profundidade e temperatura superficial emergem como os factores determinantes da distribuição e abundância das espécies estudadas.

Os *Myctophidae* mantêm forte associação com águas profundas (mesopelágicas); A *Thryssa vitrirostris* relaciona-se com águas superficiais, produtivas e oxigenadas; *Decapterus russelli* evidencia maior plasticidade ecológica, ocorrendo em condições mais frias e com menor oxigénio; e *Leiognathus lineolatus* mostra preferência por zonas costeiras ricas em nutrientes. A comparação temporal entre 2018 e 2023 evidencia alterações na estrutura da comunidade, sublinhando a sensibilidade destas espécies a variações ambientais e potenciais alterações climáticas. Em síntese, este estudo contribui para o conhecimento da ecologia de pequenos pelágicos no Canal de Moçambique, evidenciando a importância dos gradientes de profundidade, produtividade e temperatura e salinidade na distribuição das espécies

7. Recomendações

Para futuras investigações, sugere-se:

- Incluir análises sazonais e de séries temporais para captar a variabilidade intra e interanual no canal de Moçambique;
- Utilização de métodos multivariados complementares, como a Análise de Correspondência Canônica (ACC), para aprofundar a relação espécie-ambiente;
- Analisar a influência das variáveis ambientais sobre os diferentes estágios de vida das espécies pelágicas (larval, juvenil e adulto).

9. Referências Bibliográficas

- Araujo, R. (2009). Desova e fecundidade em peixes de água doce e marinhos. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 9(1), 1–12.
- Auster, P. J., Joy, K., & Valentin, P. C. (2001). *Fish Species and Community Distributions as Proxies for Seafloor Habitat Distributions: The Stellwagen Bank National Marine Sanctuary Example (Northwest Atlantic, Gulf of Maine)*. Environmental Biology of Fishes.
- Barros, T. D., & Torres, C. E. (2019). Uma aplicação da análise fundamentalista no setor de transportes utilizando o método das componentes principais. *Estudo & Debate*, 26(2), 1–15. <https://doi.org/10.22410/issn.1983-036X.v26i2a2019.1668>
- Bakun, A., Babcock, E. A., Lluch-Cota, SE, Santora, C., & Salvadeo, C. J. (2010). Ecologia da maré vermelha: implicações da variabilidade climática para a proliferação de algas nocivas em ecossistemas de ressurgência. *Progress in Oceanography*, 85 (1-2), 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2010.02.005>
- Benvenuti, M. D., & Fischer, L. G. (2010). *Peixes: Morfologia e adaptações*. Cadernos de Ecologia Aquática, 5(1), 1–40.
- Bié, A. J. (2017). *Estudo numérico de marés meteorológicas na costa* [Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo]. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas.
- Bintoro, G., Rudianto, T. D., & Utami, N. D. (2019). Biological aspects of Indian scad (*Decapterus russelli* Rüppell). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 391(1), 012003. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/391/1/012003>
- Ciotti, A., Carvalho, W. F., & Paranhos, R. (2006). *Clorofila a, Medidas Biópticas e Produtividade Primária*. Salvador: Série Documentos REVIZEE/SCORE Central.
- Carvalho, J. R., Vieira, S. R., & Moran, R. C. (2001). Análise de correspondência: Uma ferramenta útil na comparação de mapas de produtividade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25(2), 399–406. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832001000200015>
- Cheung, WWL, Lam, VWY, Sarmiento, JL, Kearney, K., Watson, R., Zeller, D., & Pauly, D. (2010). Redistribuição em larga escala do potencial máximo de captura pesqueira no oceano global sob mudanças climáticas. *Global Change Biology*, 16 (1), 24–35. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01995>

- Chenillal, F., Deshaies, E., Arens, A., & Penven, P. (2024). Role of mesoscale eddies in the biogeochemistry of the Mozambique Channel. *Frontiers in Marine Science*, 11, 1402776. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1402776>
- Cury, P., Bakun, A., Crawford, R. J., Jarre, A., Quiñones, R. A., Shannon, L. J., & Verheye, H. M. (2000). Small pelagics in upwelling systems: Patterns of interaction and structural changes in “wasp-waist” ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*, 57(3), 603–618. <https://doi.org/10.1006/jmsc.2000.0712>
- Dias, J., Captivo, M. E., & Clímaco, J. (2007). Dynamic location problems with discrete expansion and reduction sizes of available facilities. *Investigação Operacional*, 27(1), 1–20.
- Dias, N. M. (2019). *A influência da produtividade primária e fatores abióticos na produção pesqueira artesanal desembarcada no Mucuripe, Ceará* [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais]. Fortaleza.
- Fennessy, S. T., Quick, A. J., Mutombene, R., & Mualeque, D. O. (2024). A rapid approach to assessing the vulnerability of Mozambican fisheries’ species to climate change. *PLOS Climate*, 3(5), e0000372. <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000372>
- Fennessy, S. T., Quick, A. J., Mutombene, R., & Mualeque, D. O. (2024). Uma abordagem rápida para avaliar a vulnerabilidade das espécies pesqueiras moçambicanas às mudanças climáticas. *PLOS Clima*, 3(5), e0000372. <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000372>
- Ferreira, A. (2011). *Análise multivariada: Uma síntese dos principais métodos*. Statplace.
- Fleck, M. P., & Bourdel, M. C. (1998). Método de simulação e escolha de fatores na análise dos principais componentes. *Revista de Saúde Pública*, 32(3), 245-253. <https://doi.org/10.1590/S0034-89101998000300010>
- Fonseca, P. M. (2020). *Ecologia trófica de pequenos peixes pelágicos na Península Ibérica: Competição e predação de ovos* [Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Biologia Animal]. Lisboa.
- Francisco, V. A. (2020). *Piscicultura de pequena escala na minimização de impactos ambientais gerados pela pesca artesanal, em Chicuque (Maxixe)* [Monografia de Licenciatura, Instituto Superior Politécnico de Gaza].

- Ghermandi, A., Obura, D., Knudsen, C., & Nunes, P. A. (2019). Marine ecosystem services in the Northern Mozambique Channel: A geospatial and socio-economic analysis for policy support. *Ecosystem Services*, 35, 43-54. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.10.009>
- Ghermandi, A., Obura, D., Knudsen, C., & Nunes, P. A. (2019). Serviços ecossistêmicos marinhos no Canal do Norte de Moçambique: Uma análise geoespacial e socioeconómica para apoio a políticas. *Serviços Ecossistêmicos*, 35, 43-54. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.10.009>
- Gomes, J. B., Curi, N., Motta, P. E., Ker, J. C., Marques, J. J., & Schulze, D. G. (2004). Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos do bioma Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28(1), 137-153. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000100014>
- Gouveia, N. D., Gherardi, D. F., Aragão, L. E., Wagner, F. H., & Paes, E. T. (2017). Relação entre salinidade e produção primária marinha na pluma do Rio Amazonas. *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)*.
- Greenacre, M., Groenen, P. J., Hastie, T., d'Enza, A. I., Markos, A. M., & Elena, T. (2023). Principal component analysis. *Nature Reviews Methods Primers*, 3(1), 1-22. <https://doi.org/10.1038/s43586-023-00265-5>
- Greenacre, M., Groenen, P. J., Hastie, T., d'Enza, A. I., Markos, A. M., & Elena, T. (2023). Análise de componentes principais. *Nature Reviews Métodos Primers*, 3(1), 1-22. <https://doi.org/10.1038/s43586-023-00265-5>
- Groth, D., Hartmann, S., Klie, S., & Selbig, J. (2013). Principal components analysis. In *Methods in Molecular Biology* (pp. 123–140). Springer.
- Groth, D., Hartmann, S., Klie, S., & Selbig, J. (2013). Análise de componentes principais. Em *Métodos em Biologia Molecular* (pp. 123–140). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-62703-059-5_5_22https://doi.org/10.1007/978-1-62703-059-5_5_22
- Gattuso, J.-P., & Hansson, L. (2011). Acidificação oceânica: contexto e história. Em J.-P. Gattuso & L. Hansson (Orgs.), *Acidificação oceânica* (pp. 1–20). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199591091.003.0001>
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2009). *Análise multivariada de dados*. Bookman.

- Harrison, T. D., & Whitfield, A. K. (2006). Temperature and salinity as primary determinants influencing the biogeography of fishes in South African estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66(1–2), 335–345. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2005.09.010>
- Hoguane, A. M. (2007). Perfil diagnóstico da zona costeira de Moçambique. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 7(2), 69–82. <https://doi.org/10.5894/rgci63>
- Hongyu, K. (2015). *Comparação do GGEbiplot-ponderado e AMMI-ponderado com outros modelos de interação genótipo × ambiente* [Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo]. Piracicaba.
- Hongyu, K., Sandanielo, V. L., & Junior, G. J. (2015). Análise de componentes principais: Resumo teórico, aplicação e interpretação. *Engineering and Science*, 5(1), 83–90. <https://doi.org/10.18607/ES20165053>
- Irigoién, X., Klevjer, T. A., Rostad, A., Martínez, U., Boyra, G., Acuña, J. L., ... Kaartvedt, S. (2014). Biomassa de grandes peixes mesopelágicos e eficiência trófica em oceano aberto. *Nature Communications*, 5, 3271. <https://doi.org/10.1038/ncomms4271>
- Jolliffe, I. T. (2002). *Principal component analysis for special types of data*. Springer. Jolliffe, I. T. (2002). *Análise de componentes principais para tipos especiais de dados*. Springer.
- Jolliffe, I. T., & Cadima, J. (2016). Principal component analysis: A review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2065), 20150202. <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
- Jone, J., & Campana, S. E. (2009). *Stable oxygen isotope reconstruction of ambient temperature during the collapse of a cod (Gadus morhua) fishery*. Ecological application.
- Jone, J., & Campana, S. E. (2009). Stable oxygen isotope reconstruction of ambient temperature during the collapse of a cod (*Gadus morhua*) fishery. *Ecological Applications*, 19(6), 1500–1514. Jone, J., & Campana, S. E. (2009). Reconstrução de isótopos de oxigênio estáveis da temperatura ambiente durante o colapso de uma pescaria de bacalhau (*Gadus morhua*). *Aplicações Ecológicas*, 19(6), 1500–1514. <https://doi.org/10.1890/08-1473.1>

- Juliasse, A. I. (2018). *Análise da influência dos parâmetros oceanográficos (maré, temperatura) e ambientais (ventos, precipitação) na abundância dos pequenos pelágicos no distrito de Pebane, província da Zambézia* [Monografia de Licenciatura, Universidade Eduardo Mondlane, Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras].
- Kirk, JTO (2011). *Luz e Fotossíntese em Ecossistemas Aquáticos* (3ª ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139168212>
- Kubitza, F. (2025). The impact of water quality on health and performance of farmed fish and shrimp. Part 1: Dissolved oxygen and carbon dioxide. *AquaFeed International*. Kubitza, F. (2025). O impacto da qualidade da água na saúde e no desempenho de peixes e camarões cultivados. Parte 1: Oxigênio dissolvido e dióxido de carbono. *AquaFeed Internacional*.
- Langa, J. V. (2007). Problemas na zona costeira de Moçambique. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 7(1), 45–56. <https://doi.org/10.5894/rgci61>
- Lima, S. A., Andrade, H. A., & Sousa, R. G. (2020). Dinâmica da pesca de peixes pelágicos de pequeno porte no estuário do Canal de Santa Cruz (Pernambuco – Brasil). *Brazilian Journal of Development*, 6(9), 67815–67830. <https://doi.org/10.34117/bjdvn9-703>
- Lopes, R. M., Dias, J. F., & Gaeta, S. A. (2009). *Ambiente pelágico*. SciELO Books. <https://doi.org/10.7476/9788575413917>
- Lutjeharms, J. R. E. (2006). *The Agulhas Current retroflection*. Springer.
- Lyra, W. D., Silva, E. C., Araújo, M. C., Fragoso, W. D., & Veras, G. (2010). Classificação periódica: Um exemplo didático para ensinar análise de componentes principais. *Química Nova*, 33(7), 1648–1652. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000700030>
- Machava, L. H. (2024). *Estudo da variação espacial e sazonal da captura artesanal de pequenos pelágicos* [Monografia de Licenciatura, Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras].
- Madeira, A. D. (2019). *A influência do El Niño sobre a pescaria de atum bonito listrado (Katsuwonus pelamis, Linnaeus 1758) no Canal de Moçambique* [Monografia de Licenciatura, Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras].
- Malauene, B. S., Lett, C., Marsac, F., Penven, P., Abdula, S., Moloney, C. L., & Roberts, M. J. (2024). Influence of Mozambique Channel eddies on larval loss of two shallow-water commercial shrimp

- species. *PLOS Climate*, 3(6), e0000414. <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000414> Malauene, B. S., Lett, C., Marsac, F., Penven, P., Abdula, S., Moloney, C. L., & Roberts, M. J. (2024). Influência dos redemoinhos do Canal de Moçambique na perda larval de duas espécies comerciais de camarão de águas rasas. *PLOS Clima*, 3(6), e0000414. <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000414>
- Martins, M. M., Skagen, D., Marques, J. Z., & Silva, A. (2013). Changes in the abundance and spatial distribution of the Atlantic chub mackerel (*Scomber colias*) in the pelagic ecosystem and fisheries off Portugal. *Scientia Marina*, 77(4), 691–698. <https://doi.org/10.3989/scimar.03861.07B>
- Martins, M. M., Skagen, D., Marques, J. Z., & Silva, A. (2013). Alterações na abundância e distribuição espacial da sarda do Atlântico (*Scomber colias*) no ecossistema pelágico e nas pescarias ao largo de Portugal. *Scientia Marina*, 77(4), 691–698. <https://doi.org/10.3989/scimar.03861.07B>
- Matos, D. A., & Rodrigues, E. C. (2019). *Análise fatorial*. Escola Nacional de Administração Pública (ENAP).
- Mavume, A. F., Rydberg, L., Rouault, M., & Lutjeharms, J. R. (2009). Climatology and landfall of tropical cyclones in the South-West Indian Ocean. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science*, 8(1), 15–36. <https://doi.org/10.4314/wiojms.v8i1.56683>
- Mavume, A. F., Rydberg, L., Rouault, M., & Lutjeharms, J. R. (2009). Climatologia e landfall de ciclones tropicais no sudoeste do Oceano Índico. *Jornal de Ciências Marinhas do Oceano Índico Ocidental*, 8(1), 15–36. <https://doi.org/10.4314/wiojms.v8i1.56683>
- McGarigal, K., & Cushman, S. (2000). *Multivariate statistics for wildlife ecology research*. Springer.
- McGarigal, K., & Cushman, S. (2000). *Estatísticas multivariadas para pesquisa em ecologia da vida selvagem*. Springer.
- Mishra, S. P., Sarkar, U., Taraphder, S., Datta, S., Swain, D., Saikhom, R., ... Laishram, M. (2017). Multivariate statistical data analysis – Principal component analysis (PCA). *International Journal of Livestock Research*, 7(4), 60–78.
- Mishra, S. P., Sarkar, U., Taraphder, S., Datta, S., Swain, D., Saikhom, R., ... Laishram, M. (2017). Análise estatística multivariada de dados – Análise de componentes principais (PCA). *Revista Internacional de Pesquisa Pecuária*, 7(4), 60–78. <https://doi.org/10.5455/ijlr.20170415115235>

- Mutombene, R., Mualeque, D., Mafuca, J., & André, E. (2021). *Estado do conhecimento sobre os recursos pesqueiros acessíveis à pesca artesanal e ecossistemas no distrito de Pebane*. Instituto Nacional de Investigação Pesqueira.
- Naftal, A. N., Pennino, M. G., Lopes, J., & Soto, M. (2021). Modelling the impacts of climate change on skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the Mozambique Channel. *Fisheries Oceanography*, 30.
- Naftal, A. N., Pennino, M. G., Lopes, J., & Soto, M. (2021). Modelação dos impactos das alterações climáticas no gaiado (*Katsuwonus pelamis*) no Canal de Moçambique. *Oceanografia da Pesca*, 30(5), 421–437. <https://doi.org/10.1111/fog.12523>
- Neto, P. R., Jackson, D. A., & Somers, K. M. (2004). How many principal components? Stopping rules for determining the number of non-trivial axes revisited. *Computational Statistics & Data Analysis*, 49(4), 974–997.
- Neto, P. R., Jackson, D. A., & Somers, K. M. (2004). Quantos componentes principais? Regras de parada para determinar o número de eixos não triviais revisitados. *Estatística Computacional e Análise de Dados*, 49(4), 974–997. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2004.06.015>
- Oliveira, A. C., Marriel, I. E., Resende, Á. V., & Coelho, E. A. (2023). Análise não paramétrica aplicada em componente principal como uma alternativa à análise de variância multivariada: Estudo da qualidade biológica do solo. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo.
- Paiva, A. L., Teixeira, R. B., Yamak, M., Menezes, G. R., Leite, C. D., & Torres, R. A. (2010). Análise de componentes principais em características de produção de aves de postura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(3), 489–495. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000300014>
- Paliy, O., & Shankar, V. (2016). Application of multivariate statistical techniques in microbial ecology. *Molecular Ecology*, 25.
- Paliy, O., & Shankar, V. (2016). Aplicação de técnicas estatísticas multivariadas em ecologia microbiana. *Ecologia Molecular*, 25(5), 1032–1057. <https://doi.org/10.1111/mec.13536>
- Paris, CB, Helgers, J., van Sebille, E., & Srinivasan, A. (2007). Sistema de modelagem de conectividade: uma ferramenta probabilística para o rastreamento multiescala da variabilidade biótica e abiótica no oceano. *Environmental Modelling & Software*, 22 (5), 947–959. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2006.06.007>

- Peixoto, M. G. (2016). *Análise envoltória de dados e análise de componentes principais: Uma proposta de medição do desempenho em organizações hospitalares sob perspectiva dos hospitais universitários federais do Brasil* [Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos].
- Pereira, M. A., Leal, M. C., Litulo, C., & Fernandes, R. S. (2014). *Mozambique marine ecosystem review*. Fondation Ensemble. Pereira, M. A., Leal, M. C., Litulo, C., & Fernandes, R. S. (2014). *Revisão do ecossistema marinho de Moçambique*. Fondation Ensemble.
- Pierce, D. (2025). *Interface to Unidata netCDF (version 4 or earlier) format data files (Version 1.24)* [Pacote R: ncdf4]. Comprehensive R Archive Network (CRAN). Pierce, D. (2025). *Interface para arquivos de dados no formato Unidata netCDF (versão 4 ou anterior) (Versão 1.24)* [Pacote R: ncdf4]. Rede de Arquivos R Abrangente (CRAN). <https://cran.r-project.org/package=ncdf4>
<https://cran.r-project.org/package=ncdf4>
- Pikitch, E. K., Rountos, K., & Essington, T. (2014). The global contribution of forage fish to marine fisheries and ecosystems. *Fish and Fisheries*, 15(1), 43–64. Pikitch, E. K., Rountos, K., & Essington, T. (2014). A contribuição global dos peixes forrageiros para a pesca marinha e os ecossistemas. *Peixes e Pescas*, 15(1), 43–64.
<https://doi.org/10.1111/faf.12004>
<https://doi.org/10.1111/faf.12004>
- Pitcher, G. C., Boyd, A. J., & Mitchell-Innes, B. A. (2011). Dynamics of the phytoplankton bloom on the southern Namaqua shelf off South Africa. *Continental Shelf Research*, 31(4), 389–400.
- Pinto, M. A. (1995). *Estudo das capturas e revisão dos parâmetros de crescimento de quatro espécies de carapau e cavala na pescaria de arrasto industrial de peixe nos bancos de Sofala e de Boa-Paz, em 1992* [Monografia de Licenciatura, Universidade Eduardo Mondlane].
- Poojary, N., Tiwari, L. R., & Sundaram, S. (2015). Reproductive biology of the Indian scad, *Decapterus russelli* (Rüppell, 1830) from Maharashtra waters, northwest coast of India. Poojary, N., Tiwari, L. R., & Sundaram, S. (2015). Biologia reprodutiva do scad indiano, *Decapterus russelli* (Rüppell, 1830) das águas de Maharashtra, costa noroeste da Índia. *Journal of the Marine Biological Association of India*, 57(1), 63–70. *Jornal da Associação de Biologia Marinha da Índia*, 57(1), 63–70. <https://doi.org/10.6024/jmbai.2015.57.1.01792-11>
<https://doi.org/10.6024/jmbai.2015.57.1.01792-11>

- Ribeiro, A. Í., Mello, G. F., Fengler, F. H., & Filho, R. M. (2021). *Análise de correspondência canônica entre variáveis físicas e biológicas do solo em áreas revegetadas na floresta Amazônica*. Salvador/BA: IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais.
- Ribeiro, V. M., Santos, G. B., & Bazzoli, N. (2007). Biologia reprodutiva de *Steindachnerina inculpta* (Fernandez-Yépez) (Teleostei, Curimatidae) no reservatório de Furnas, Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. Minas Gerais.
- Rossi, R. G. (2017). *Análise de componentes principais em data warehouse*. São Paulo: Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo.
- Ryu, J., Liu, K.-B., & McCloskey, M. (2022). The use of multivariate PCA dataset in identifying the underlying drivers of critical stressors, looking at global problems through a local lens. *PubMed*. Ryu, J., Liu, K.-B., & McCloskey, M. (2022). O uso de conjunto de dados PCA multivariado na identificação dos fatores subjacentes de estressores críticos, olhando para problemas globais através de uma lente local. *PubMed*.
- Saquerha, E. d. (2015). *Influência dos fatores ambientais na distribuição e abundância dos recursos pesqueiros na zona sul de Angola (Namibe)*. Universidade de Aveiro, Departamento de Ambiente e Ordenamento.
- Shi, J., Wang, L., & Huang, T. (2022). *A case study of thermal and chemical stratification in a drinking water reservoir*. Pequim: Science Total Environment. Shi, J., Wang, L., & Huang, T. (2022). *Um estudo de caso de estratificação térmica e química em um reservatório de água potável*. Pequim: Ciência Ambiente Total.
- Souza, A. M., & Poppi, R. J. (2007). *Experimento didático de quimiometria para análise exploratória de óleos vegetais comestíveis por espectroscopia no infravermelho médio e análise de componentes principais: um tutorial, parte I*. Campinas, SP: Departamento de Química Analítica, Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000100039>
- Souza, A. M., & Poppi, R. J. (2012). *Experimento didático de quimiometria para análise exploratória de óleos vegetais comestíveis por espectroscopia no infravermelho médio e análise de componentes principais: um tutorial, parte I* (Vol. 35). Campinas, SP: Química Nova.

- Varella, C. A. (2008). *Análise de componentes principais*. Seropédica, RJ: UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- Vicini, L. (2005). *Análise multivariada da teoria à prática*. Santa Maria, RS: UFSM – Centro de Ciências Naturais e Exatas.
- Waghner, R. R. (2011). *Monitoramento estatístico baseado na análise de componentes principais (PCA) e cartas de controle*. Porto Alegre, RS: UFRGS – Departamento de Engenharia Química.
- Zhang, Y., Brzezinski, D., Chang, J. H., Stepanek, K., & Chen, Y. (2011). *Spatial structuring of fish community in association with environmental variables*. J. Northw. Atl. Fish. Sci., 43, 1–12. <https://doi.org/10.2960/J.v43.m669>
- Zhang, Y., Brzezinski, D., Chang, J. H., Stepanek, K., & Chen, Y. (2011). *Estruturação espacial da comunidade de peixes em associação com variáveis ambientais*. J. Northw. Atl. Peixe. Sci., 43, 1–12. <https://doi.org/10.2960/J.v43.m669>

8. Anexos

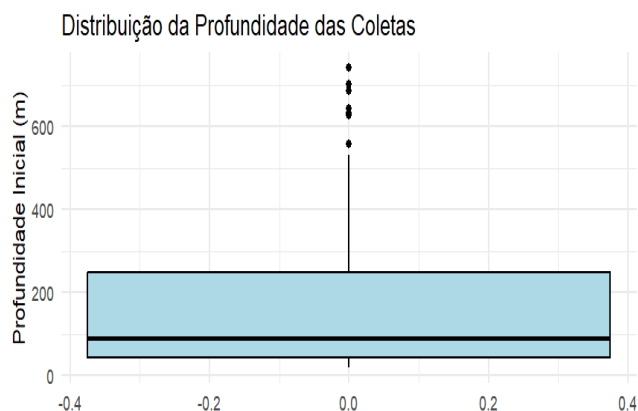


Figura a: Profundidade das coletas 2018

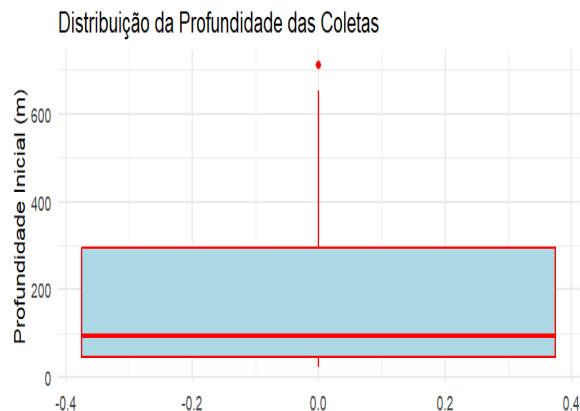


Figura b: Profundidade das coletas 2023

Tabela 1: Cargas das variáveis nos componentes principais retidos

Variável	PC1	PC2	PC3	PC4
<i>Decapterus russelli</i>	-0,026	0,167	0,529	0,254
<i>Myctophidae</i>	-0,004	-0,13	-0,417	0,251
<i>Leiognathus lineolatus</i>	0,019	0,09	0,532	0,252
<i>Thryssa vitrirostris</i>	0,094	0,072	0,053	-0,588
latitude	0,469	0,33	-0,186	0,129
Profundidade	-0,17	-0,328	-0,352	0,338
SST	-0,271	0,133	-0,105	-0,525
CHL	0,273	-0,491	0,095	-0,062
OXY	-0,292	0,507	-0,187	0,091
SO	0,473	0,034	-0,09	-0,121
NNPV	0,271	-0,283	0,116	-0,133

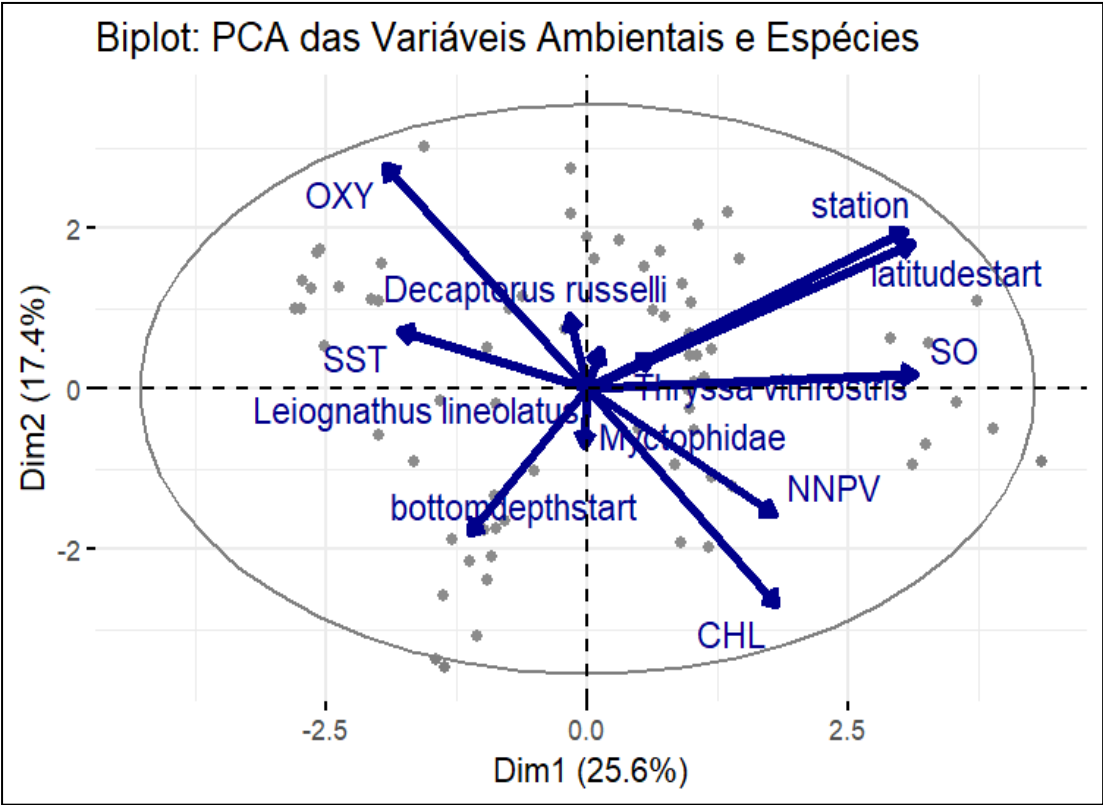


Figura c : Biplot da PCA mostrando a ordenação das espécies pelágicas e variáveis ambientais no Canal de Moçambique. PC1 explica 25,6% da variância e PC2 17,4%.

Profundidade das coletas 2018
profundidade das coletas 2023

Ano	Estação	PC1	PC2
2018	A	-1.185	1.207
2018	B	-2.165	-0.888
2023	A	1.638	-0.705
2023	B	1.712	0.387

Tabela: a. Coordenadas dos Indivíduos nos Componentes Principais (PCA)

Fonte: resultados da PCA aplicada a matriz de abundância (FactoMineR, 2025)

Espécie	Contribuição PC1(%)	Contribuição PC2(%)	COS ² PC1	COS ² PC2
<i>D.russelli</i>	29.09	0.05	0.763	0.000
<i>T.vitriostris</i>	28.53	9.45	0.835	0.068
<i>L.lineolatus</i>	13.23	82.95	0.387	0.600
<i>Myctophidae</i>	32.14	7.55	0.940	0.055

Tabela: b. contribuição (%) e correlação (COS²) das espécies nos componentes PC1 e PC2. **Fonte:** Resultados da PCA aplicada à matriz de abundância (FactoMineR, 2025).