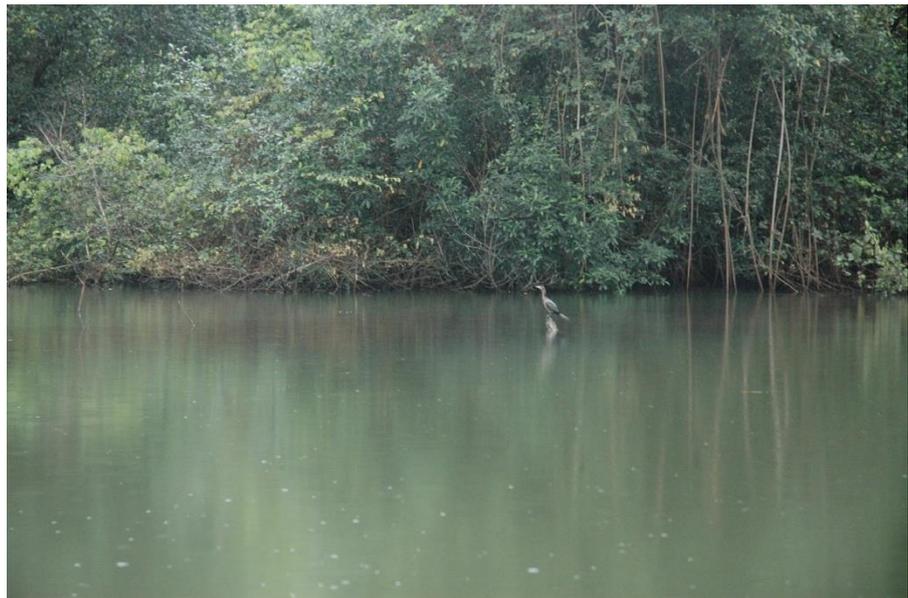


GESTÃO PARTICIPATIVA DOS MANGAIS DE MALANZA E PRAIA DAS CONCHAS



Dezembro
2021

Melhoria do conhecimento científico sobre a composição
e dinâmica dos ecossistemas dos mangais

RELATÓRIO FINAL



EQUIPA TÉCNICA

Nome	Instituição
Pedro M. Félix (coordenação da componente)	MARE
Ricardo Lima	cE3c
Ana Brito	MARE
Filipe Ribeiro	MARE
Paula Chainho	MARE
Joshua Heumüller	MARE
Filipa Afonso	MARE
Maria da Conceição Freitas	IDL
Rui Taborda	IDL
João Paulo Medeiros	MARE
Diogo Dias	MARE
Francisco Azevedo e Silva	MARE
Tomás Simões	MARE
Maria Ana Dionísio	MARE
Luís da Costa	MARE
Mário Cachão	IDL
Pedro Oliveira	MARE
Bruno Silva (coordenação do projecto em STP)	OIKOS
Márcio Gonçalves	OIKOS
Goia Galduroz (coordenação da OIKOS)	OIKOS
Bastien Loloum	OIKOS
Suzelle Verant	OIKOS

ÍNDICE

EQUIPA TÉCNICA	II
ÍNDICE	1
ENQUADRAMENTO ESTRATÉGICO	3
Objectivos	3
CONDUÇÃO ESTRATÉGICA DO PROJECTO	5
ÁREA DE ESTUDO	7
1. ESTUDO SOBRE O PAPEL DO MANGAL DE MALANZA NA REPRODUÇÃO DAS ESPÉCIES PISCÍCOLAS DA ZONA SUL (A2.1A)	11
Metodologia	11
Resultados	16
2. AVALIAÇÃO DO IMPACTE ECOLÓGICO DA TILÁPIA (PAPÊ) (A2.1B)	24
Metodologia	24
Resultados	27
3. ESTUDO COMPLEMENTAR SOBRE A DINÂMICA E ECOLOGIA DOS MANGAIS AO LONGO DE TODO O ANO, COM ESPECIAL INCIDÊNCIA NA ÉPOCA SECA (A2.2)	36
Metodologia	36
Resultados	39
4. STANDARDIZAÇÃO DOS NOMES COMUNS DAS ESPÉCIES QUE OCORREM NOS MANGAIS (A2.3)	54
Metodologia	54
Resultados	56
5. IDENTIFICAÇÃO DOS NÍVEIS DE SUSTENTABILIDADE PARA OS RECURSOS A SER EXPLORADOS NO MANGAL (A2.4)	60
Metodologia	60
Resultados	62
6. ESTUDO DETALHADO E RECOMENDAÇÕES RELATIVAMENTE AOS IMPACTES DA PONTE EN2 SOBRE A DINÂMICA DO MANGAL DE MALANZA E DAS PONTES DE PRAIA DAS CONCHAS E PRAIA QUINZE NA DINÂMICA DO MANGAL DE PRAIA DAS CONCHAS (A2.5)	69
Metodologia	69
Resultados	73
Recomendações	90
7. ESTABELECIMENTO DE UM PLANO DE MONITORIZAÇÃO PERIÓDICA DA BIODIVERSIDADE LOCAL (A4.2)	93
CONSIDERAÇÕES FINAIS	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

ANEXO I: INQUÉRITO IDENTIFICAÇÃO NOMES COMUNS	105
ANEXO II: PÓSTER ESPÉCIES COMERCIAIS	128
ANEXO III: INQUÉRITO SOBRE ESPÉCIES COM INTERESSE COMERCIAL	129
ANEXO IV: PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO	131

ENQUADRAMENTO ESTRATÉGICO

O projecto “Gestão Participativa dos Mangais de Malanza e Praia das Conchas” tem como objectivo principal promover, actualizar e implementar os planos de gestão participativa para os mangais de Malanza e Praia das Conchas, desenvolvidos pela primeira vez em 2015 (Loloum *et al.*, 2015a; Loloum *et al.*, 2015b). Este projecto envolve organizações de diferentes áreas de forma a integrar diversas componentes da gestão sustentável: OIKOS (promotor), MARE e cE3c (componente científica), Direcção do PNOST e os projectos ECOFAC 6, TRI/FAO e Herbário/CEPF. Além disso, o projecto pretende incluir as comunidades locais na gestão dos sistemas de mangal, promover o conhecimento científico sobre os mesmos, valorizando os mangais de São Tomé e reduzindo as ameaças à sua conservação.

Este trabalho surge na sequência de um levantamento realizado em 2014 no âmbito do projecto “Abordagem ecossistémica integrada para a conservação e gestão da biodiversidade na zona tampão dos Parques Naturais Obô de São Tomé e Príncipe”. Este foi o primeiro estudo realizado nos mangais de São Tomé, que permitiu avaliar o tipo de flora e fauna aí presentes, assim como as ameaças mais comuns e as principais contribuições dos mangais para as comunidades locais (Pisoni *et al.*, 2015). Em 2017, foi realizada uma segunda campanha nos mangais de São Tomé, que incluiu alguns mangais fora do PNOST (Afonso, 2019; Heumüller, 2021).

No âmbito do presente projecto, revelou-se essencial desenvolver a componente científica que assenta fortemente na importância destes mangais para as comunidades aquáticas, em especial para as espécies exploradas e pretende ser a base para uma dinâmica de conservação e monitorização destes sistemas salobros, no âmbito de planos de gestão para estas áreas. Como tal, as tarefas descritas reportam à componente científica do projecto, enquadradas no resultado 2) *Melhoria do conhecimento científico sobre a composição e dinâmica dos ecossistemas dos mangais (A 2)*, e o resultado 3) *Ameaças à conservação dos mangais de Malanza e Praia das Conchas reduzidas e ecossistema valorizado (A 4)*.

Objectivos

A componente científica do projecto, descrita no presente relatório, tem por objectivo estudar a importância dos mangais para as comunidades piscícolas, residentes e costeiras, identificar a importância da exploração de espécies de invertebrados nos mangais e avaliar potenciais impactes na integridade destes ecossistemas. Para atingir esta meta, a abordagem metodológica foi dividida nas seguintes tarefas:

Estudo sobre o papel do mangal de Malanza na reprodução das espécies piscícolas da zona sul – com esta tarefa pretende-se avaliar os tipos de utilização do mangal de Malanza por parte das comunidades piscícolas costeiras, qualificando a relevância deste sistema enquanto zona de crescimento para estas espécies – zona de viveiro – fase que antecede a integração dos recrutas nas populações marinhas;

Avaliação do impacte ecológico da Tilápia – no âmbito desta tarefa pretende-se determinar os efeitos ecológicos da introdução da espécie exótica, *Oreochromis mossambicus*;

Estudo complementar sobre a dinâmica e ecologia dos mangais ao longo de todo o ano, com especial incidência na época seca – o objectivo da presente tarefa é avaliar a evolução das comunidades das espécies de peixe nos mangais ao longo do ano, em ocorrências e diversidade, bem como as suas preferências de habitat e alimentares e, conseqüentemente, a sua interacção com o meio;

Standardização dos nomes comuns das espécies que ocorrem nos mangais – com a presente tarefa pretende-se contribuir para a padronização dos nomes comuns, em particular das espécies comerciais, facilitando uma gestão dos stocks pesqueiros dependentes do mangal;

Identificação dos níveis de sustentabilidade para os recursos a serem explorados no mangal – esta tarefa visa determinar quais os recursos aquáticos explorados em contexto de mangal e a sua viabilidade;

Estudo detalhado e recomendações relativamente aos impactes da ponte EN2 sobre a dinâmica do Mangal de Malanza e das pontes de Praia das Conchas e Praia Quinze na dinâmica do Mangal de Praia das Conchas – esta tarefa pretende qualificar o impacte do constrangimento causado pelas alterações topográficas na comunicação entre o mar e o mangal, identificando potenciais medidas de mitigação de condições biológicas, físicas e físico-químicas adversas;

Estabelecimento de um plano de monitorização periódica da biodiversidade local – no âmbito desta tarefa pretende-se capacitar as entidades locais para a monitorização da biodiversidade nos mangais e fornecer uma proposta de monitorização contínua destes ecossistemas.

CONDUÇÃO ESTRATÉGICA DO PROJECTO

A componente científica do projecto denominado *Gestão Participativa dos Mangais de Malanza e Praia das Conchas* visou melhorar o conhecimento acerca da dinâmica dos mangais relativamente às suas comunidades biológicas e características ambientais. Para o efeito, foi desenhada uma abordagem metodológica que possibilitasse a recolha de dados em diversos momentos de um ano hidrológico. Considerando a situação da pandemia causada pelo recente coronavírus, e consequentes medidas sanitárias impostas pela Organização Mundial de Saúde, surgiram vários constrangimentos à execução das tarefas em proposta. Inicialmente planearam-se quatro campanhas ao longo de 2020 (Janeiro, Abril, Julho, Outubro), das quais apenas se conseguiram desempenhar três, a campanha de Janeiro/Fevereiro de 2020, a de Outubro/Novembro de 2020 e Abril de 2021, esta mais curta para foco na tarefa relacionada com os constrangimentos causados pelas infraestruturas presentes nos mangais de São Tomé. Contudo, no sentido de continuar a ser possível dar resposta aos objectivos do projecto, este hiato nas campanhas de amostragem originalmente previstas, foi complementado da seguinte forma: (1) reforço (recursos humanos e tempo dedicado) da campanha de Outubro/Novembro de 2020, a fim de obter os dados imprescindíveis, além das amostragens previstas na época das chuvas que estavam em falta para o mesmo ano hidrológico; (2) uso de dados históricos de forma complementar, aumentando a robustez dos resultados obtidos, com base nas campanhas de amostragem da equipa nos anos de 2014 (época das chuvas) e 2017 (época seca). Desta forma, o esforço de amostragem foi reforçado e ambas as épocas do ano principais na ilha ficaram bem representadas. Este reforço foi particularmente importante aquando da avaliação da diversidade da comunidade de peixes dos mangais, uma vez que a representatividade desta métrica depende, até certo ponto, do esforço de amostragem.

O presente relatório descreve as metodologias, resultados e conclusões dos estudos realizados e encontra-se dividido em capítulos, de acordo com os objectivos propostos:

- 1) Capítulo 1: estudo centrado no estágio juvenil e larvar da comunidade piscícola; pretende dar resposta à relevância dos mangais estudados enquanto área de viveiro, particularmente para espécies com interesse comercial com populações marinhas costeiras;
- 2) Capítulo 2: trabalho que pretende descrever o impacto ecológico da espécie exótica previamente identificada na ilha de São Tomé, a tilápia de Moçambique;
- 3) Capítulo 3: resultados do estudo da comunidade piscícola e sua dinâmica no ano hidrológico, com um foco particular no uso dos mangais por parte das espécies com interesse comercial efectivo e potencial;
- 4) Capítulo 4: secção que pretende reconhecer as potenciais fragilidades dos registos de capturas associadas à diversidade de nomes comuns para espécies com ocorrência nos mangais e propor uma padronização nacional dos mesmos. Este capítulo inclui ainda um

registo ilustrativo das espécies com ocorrência nos mangais, em forma de poster, para divulgação;

- 5) Capítulo 5: resultados que descrevem os recursos com potencial interesse exploratório nos mangais e a avaliação preliminar da condição das suas populações;
- 6) Capítulo 6: estudo que avalia o potencial impacte dos constrangimentos às trocas de água nos mangais estudados e propostas de alteração ou monitorização, numa perspectiva ecológica e socio-económica;
- 7) Capítulo 7: desenvolvimento de um protocolo de amostragem para a criação de um programa contínuo de monitorização dos mangais em São Tomé.

O trabalho realizado permitiu um significativo avanço no conhecimento dos mangais do Parque Natural do Obô de São Tomé, oferecendo um maior nível de informação para suporte das medidas de gestão propostas para estes ecossistemas, com vista à sua conservação.

ÁREA DE ESTUDO

Os mangais são ecossistemas florestais exclusivos de zonas tropicais e sub-tropicais, ocorrendo na transição entre o meio terrestre e o meio aquático, e entre o meio marinho e o meio dulçaquícola. São sistemas de extrema importância, pela sua elevada produtividade primária e capacidade de sequestro de carbono.

A República Democrática de São Tomé e Príncipe (STP) é um pequeno país insular (1 001 km²) do Golfo da Guiné formado por duas ilhas de origem vulcânica e ilhéus adjacentes. São Tomé é a ilha principal, com 857 km², onde se localiza a capital e onde habita a quase totalidade da população. Em 2018, STP apresentava uma densidade populacional de 202 pessoas por km². Grande parte da população habita zonas urbanas (67% - INE São Tomé e Príncipe, 2014) e 32,3% vive abaixo do limiar de pobreza (Conceição *et al.*, 2019). Enquanto ilhas oceânicas, nunca estiveram ligadas ao continente, pelo que apresentam um elevado número de endemismos.

O Parque Natural de Obô de São Tomé (PNOT) foi criado em 2006, cobrindo cerca de um terço da área total da ilha, incluindo uma zona central e dois exclaves: um no norte da ilha e outro no Sul, em torno do mangal de Malanza. Além disso, possui à sua volta uma zona tampão, que visa servir de transição entre a área protegida e áreas de utilização mais intensiva (Figura 1). Contudo, o PNOT enfrenta diversas ameaças (e.g. Pisoni *et al.*, 2015; Félix *et al.*, 2017) e alberga diversas espécies ameaçadas (www.iucnredlist.org, acesso em Novembro de 2021).

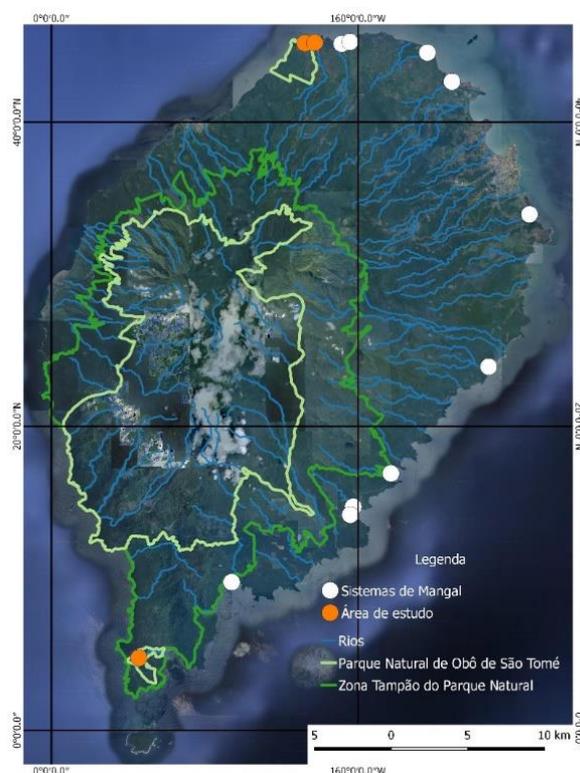


Figura 1. Mapa da ilha de São Tomé onde estão assinalados os sistemas de mangal na ilha e os limites do Parque Natural de Obô de São Tomé

Dos 12 mangais identificados em São Tomé, apenas três estão incluídos na área do PNOT (Figura 1): Praia das Conchas, Praia Quinze e Malanza. O mangal de Praia das Conchas (Figura 2) localiza-se no norte da ilha, no distrito de Lobata, a cerca de 13 km da cidade capital São Tomé. Está inserido numa bacia hidrográfica com aproximadamente 50 km², possui um estreito curso de água doce, um número diminuto de árvores de mangue, e cobre uma área de cerca de 0,5 ha, apenas parcialmente abrangida pelo PNOT. O mangal de Praia Quinze (Figura 3) está localizado 400 m a Oeste do de Praia das Conchas, possui uma área de mangal de 0,3 ha, é alimentado por uma linha de água intermitente, que se encontra seca durante quase todo o ano, e apenas apresenta zona alagada em condições favoráveis de maré ou após chuvas intensas. O mangal de Malanza (Figura 4) pertence ao distrito de Caué, no sul da ilha, e fica a cerca de 40 km da cidade capital São Tomé. Com uma área de 69 ha é o maior mangal do país (Afonso, 2019). Faz parte duma bacia hidrográfica de 7,4 km², dominada por floresta secundária. Possui uma lagoa salobra e tem pouca acção da maré.



Figura 2. Mangal de Praia das Conchas, exclave do Parque Natural de Obô de São Tomé



Figura 3. Mangal de Praia Quinze, exclave do Parque Natural de Obô de São Tomé



Figura 4. Mangal de Malanza, exclave do Parque Natural de Obô de São Tomé

Os mangais em São Tomé são de pequena dimensão e apresentam uma vegetação com baixa riqueza específica. Possuem uma avifauna relativamente pouco diversa, como seria de esperar pelo contexto insular, e fortemente dependente do enquadramento paisagístico, que inclui diversas espécies endémicas e até algumas ameaçadas. Nos mangais incluídos no PNOT foram identificados 16 taxa de macroinvertebrados bentónicos, a maioria dos quais correspondem a espécies com elevada tolerância a variabilidade ambiental, e 34 espécies de peixe, incluindo diversas espécies de interesse comercial e uma espécie não indígena (Heumüller, 2021).

Os mangais de São Tomé estão sujeitos a diversas ameaças antropogénicas. A nível estrutural ambos apresentam barreiras físicas que limitam a circulação de água, sedimento e de espécies. Em Praia das Conchas, um caminho de terra atravessa a zona jusante do ecossistema e causa um desnível topográfico, que condiciona a intrusão salina e impede a condição salobra a montante, gerando simultaneamente a formação de um lago salino entre a estrada e o mar, sem ligação directa ao curso de água doce (Figura 5a). O mangal de Malanza, encontra-se igualmente delimitado a jusante por uma estrada, neste caso a Estrada Nacional 2, que dá acesso à comunidade de Porto Alegre, no extremo sul da ilha (Figura 5b). Aqui o constrangimento corresponde a uma ponte, com apenas duas comportas que restringem a ligação entre o mar e a área lagunar. Estas comportas não impedem completamente a entrada de água salgada no sistema, muito embora aumentem a retenção de água no interior do mangal e diminuam a acção das marés. Para além de limitar a circulação de massas de água, esta construção retém sedimento, matéria orgânica, nutrientes e biomassa fitoplanctónica, constrengendo também o corredor ecológico que permite a colonização do mangal por peixes e invertebrados.



Figura 5. Constrangimentos à ligação dos mangais de Praia das Conchas (a) e Malanza (b) ao mar, representados por uma estrada e ponte que os atravessam a jusante.

Outra atividade antropogénica que poderá ter elevados impactes negativos em ambos os sistemas é o cultivo em áreas vizinhas. Estas atividades agrícolas podem levar ao excesso de sedimentação nos mangais, mas também à acumulação de nutrientes e de compostos tóxicos no mangal, derivados de químicos agrícolas, que conseqüentemente podem levar à eutrofização da massa de água do mangal e à introdução de compostos tóxicos nos solos e na cadeia alimentar. Ainda em Praia das Conchas, outras das principais ameaças antropogénicas incluem a sobre-exploração dos recursos florestais e a contaminação proveniente de uma lixeira localizada a montante no rio, enquanto em Malanza estas incluem a pesca e a apanha de bivalves.

1. ESTUDO SOBRE O PAPEL DO MANGAL DE MALANZA NA REPRODUÇÃO DAS ESPÉCIES PISCÍCOLAS DA ZONA SUL (A2.1A)

Esta atividade visa quantificar a contribuição do mangal de Malanza para a manutenção dos mananciais costeiros de pesca no sul de São Tomé. Desta forma, será necessário analisar a ocorrência neste mangal de juvenis de espécies com interesse comercial (futuros recrutas das populações costeiras), e identificar as zonas específicas do mangal que têm potencial de viveiro (áreas do mangal com viabilidade para o desenvolvimento dos juvenis). Esta avaliação permitirá determinar se existem espécies exploradas em regime de pesca artesanal que dependem destes habitats para o seu crescimento.

Metodologia

Para a avaliação da distribuição espacial e temporal de juvenis no mangal, foram realizadas campanhas de amostragem em duas épocas determinantes para o ano hidrológico, a época seca (gravana) e época das chuvas (Janeiro/Fevereiro e Outubro/Novembro de 2020). As metodologias de amostragem centraram-se na captura de juvenis com ocorrência no mangal e na entrada de estádios larvares no sistema, como formas complementares de determinar a riqueza específica (Figura 1.1). A avaliação da distribuição espacial de espécies no mangal foi apenas possível para estádios larvares, com recurso a metodologias de pesca com artes passivas.

A captura de juvenis foi realizada com base em diferentes artes de pesca, maximizando a captura e reduzindo a subestimação da riqueza específica, de acordo com a viabilidade da sua utilização em cada área do mangal (Tabela 1.1), em amostragens sucessivas, compostas por três rondas em cada época (chuvas, seca).



Figura 1.1. Exemplos de artes de pesca usadas no mangal de Malanza para captura de espécies de peixe: A) rede mosquiteira; B) Tarrafa; C) rede de emalhar; D) covo.

Tabela 1.1 Descrição das artes de pesca utilizadas durante o processo de amostragem.

Arte de pesca	Condições de utilização	Características
Covos	Margens do ecossistema em áreas de viveiro	Malha 1,5 cm Comprimento 0,61 m Diâmetro 0,29cm
Tarrafa	Baixas profundidades; pouca vegetação	Diâmetro 5,5 m
Palangre	Profundidades superiores (>1,5 m)	Malha 1,5m Nº anzóis 22
Rede Mosquiteira	Baixas profundidades; pouca vegetação	Largura 2 m Malha 0,1 cm
Rede de emalhar	Profundidades superiores (> 1,5 m); pouca vegetação	Comprimento 150 m Malha 3,5 cm

Para este efeito foram determinados cinco locais de amostragem ao longo do gradiente salino, representando a heterogeneidade de habitats e profundidade (Figura 1.2). Esta abordagem multi-habitat permite aumentar a representatividade da diversidade real do mangal. Contudo, implica a variação da arte de pesca usada em função da sua viabilidade, pelo que não

permite a comparação entre locais de amostragem, por não existir uma padronização da mesma (artes de pesca e unidade do esforço de amostragem). Assim, a avaliação deve considerar todos os pontos de amostragem de cada ronda como replicados da amostra total (mangal). Baseado na mesma premissa, e com o objectivo de reduzir a subestimativa da riqueza específica de juvenis, são apresentadas, de forma complementar, as espécies de amostragens anteriores (2014 e 2017), embora a análise estatística na comparação entre épocas do ano seja apenas realizada para o ano de 2020. Esta complementaridade de dados históricos é particularmente relevante em sistemas estuarinos, uma vez que várias espécies poderão ter ritmos circadianos no que concerne ao uso do mangal (Luo *et al.*, 2009) e a sua ausência numa amostragem ser um zero amostral (não correspondendo a uma verdadeira ausência).

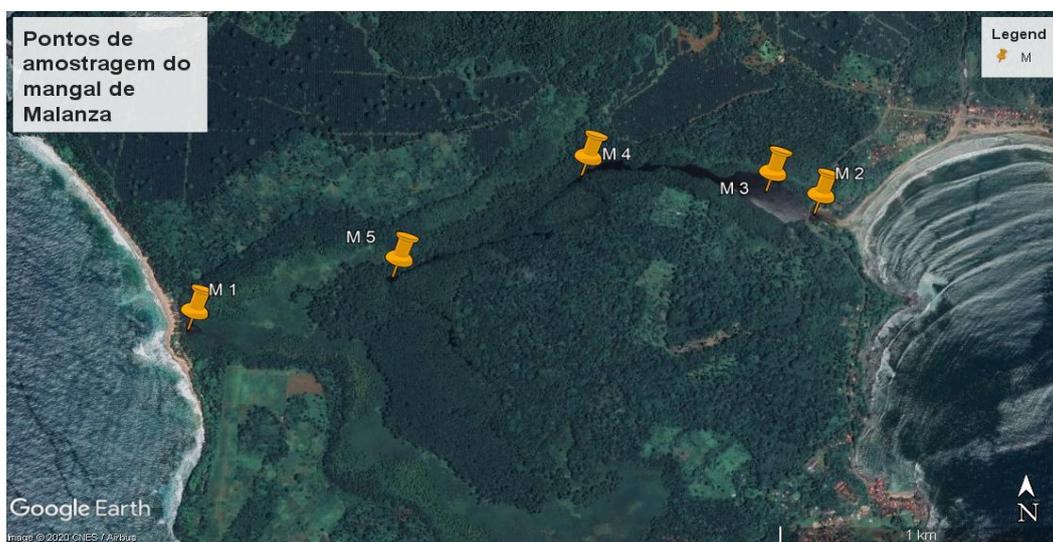


Figura 1.2. Localização dos pontos de amostragem no mangal de Malanza para a captura de espécies de peixe.

Em função das diferenças dos ritmos circadianos das várias espécies, a captura de juvenis foi realizada durante o dia, no final do dia e durante a noite no caso dos covos. Em função da temperatura da água em zonas tropicais e da existência de invertebrados necrófagos, as artes de pesca passivas deverão ser deixadas o mínimo tempo possível de modo a evitar a degradação dos indivíduos capturados. Assim, estas foram verificadas com regularidade durante o período de pesca para recolha dos indivíduos capturados. Os covos foram verificados no final de cada dia de amostragem e na manhã seguinte. Após a captura, todos os indivíduos foram medidos (± 1 mm) e pesados (± 1 g) e congelados para posterior identificação da espécie, sempre que essa identificação não tenha sido possível no imediato.

A captura de estádios larvares, baseou-se em três abordagens distintas na época das chuvas: uma primeira, com rede de plâncton na coluna de água respeitante ao caudal de entrada na maré enchente, que permite identificar as espécies que entram no mangal e o usam enquanto área de viveiro; a segunda, com redinha, no Jalé (M1) e Malanza (M2, a jusante da ponte), permitindo complementar a riqueza específica de larvas; e a terceira, com armadilhas de luz,

em locais determinados na área de mangal, para determinar preferências de habitat para as larvas das várias espécies, em função dos parâmetros ambientais da coluna de água, temperatura, oxigénio dissolvido, salinidade, turbidez e velocidade da corrente (medidos a cada evento de amostragem). Foram ainda recolhidos dados das fases da lua e das maré e velocidade do vento.

A rede de plâncton (Figura 1.3) possui uma abertura de 40 cm e uma malha de 0,5 mm, com um fluxómetro associado, que permite quantificar o volume de água passado pela rede, para seguidamente quantificar a densidade de larvas por unidade de volume. Para esta arte foram realizados três lanços nocturnos consecutivos de 30 minutos cada na ponte de Malanza, em 3 rondas diferentes, separadas por 10 dias. A redinha tem uma malha de 0,5 mm e 2 m × 3 m de dimensão; o método de pesca é baseado num arrasto da mesma junto ao fundo, cobrindo uma determinada área em direcção à margem. Todos os espécimes colectados foram conservados em álcool a 96°, para posterior identificação, até ao nível taxonómico específico, sempre que possível. Estas amostragens foram realizadas em Outubro/Novembro de 2020 (época das chuvas).



Figura 1.3. Rede de plâncton para amostragem de larvas de peixes no caudal de maré enchente no mangal de Malanza.

As armadilhas de luz foram desenhadas de acordo com o modelo em Marchetti and Moyle (2000). As estruturas são em acrílico e com iluminação *LED* para atrair as larvas em ambiente nocturno (Figura 1.4), tirando partido da fototaxia característica desta fase do ciclo de vida. Uma vez que a estrutura possui aberturas de aproximadamente 0,5 cm permite capturar espécies em estado larvar e calcular a densidade por unidade de esforço.

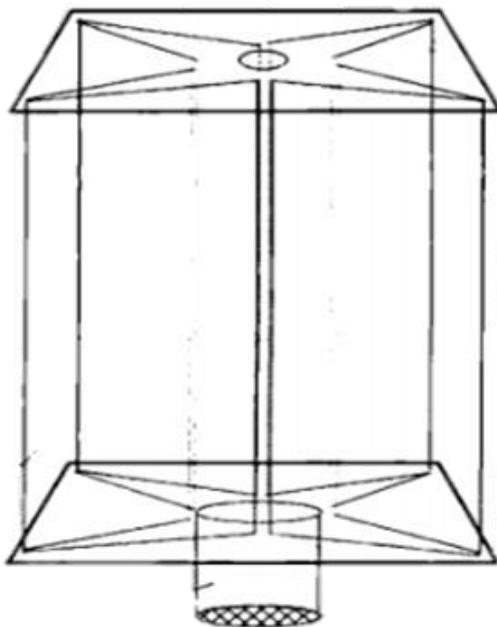


Figura 1.4. Esquema de armadilha de luz para amostragem de larvas de peixes no mangal de Malanza, revelando as fendas entre placas verticais para entrada das larvas e o copo de recolha, em baixo.

As capturas foram realizadas em locais aleatórios e repetidas quatro vezes. Cada grupo de locais de amostragem representa uma área do mangal em função do gradiente salino (Figura 1.5). Todos os espécimes assim colectados foram conservados em álcool, para posterior identificação. As armadilhas foram colocadas em quatro momentos diferentes na campanha de Outubro/Novembro de 2020, sempre no pôr-do-sol e recolhidas ao amanhecer, em 12 locais diferentes, divididos por margem (6+6) e nunca repetidos, a fim de manter a independência das amostras. A colocação das armadilhas respeitou o gradiente salino do mangal, à semelhança dos locais de amostragem definidos para os juvenis, com a diferença destes não serem fixos. No total, foram colocadas 48 armadilhas, das quais 27 registaram capturas.



Figura 1.5. Mapa do mangal de Malanza com a localização dos pontos de amostragem para a colocação de armadilhas de luz para amostragem de larvas de peixes. Da esquerda para a direita, os grupos representam os sectores Montante, Médio e Jusante.

A cada recolha da rede de plâncton e armadilhas, todos os indivíduos capturados foram conservados em álcool 96° para posterior processamento e identificação. Para cada amostra, todas as larvas foram separadas por morfotipo e identificadas até ao *taxon* mais baixo possível, de acordo com os critérios propostos por Moser (1996), Able & Fahay (2010) e Nelson (2016). Todos os indivíduos foram medidos com recurso a uma lupa binocular e a densidade determinada em função do seu CPUE (captura por unidade de esforço): indivíduos por volume para a rede de plâncton e indivíduos por tempo para as armadilhas. As diferenças espaciais na comunidade foram avaliadas com recurso a análises de permutação (PERMANOVA), considerando um nível de significância de 0,05 e o teste SIMPER para análise das respectivas dissimilaridades composição das comunidades e parâmetros ambientais (*cut-off* de 95%).

Para garantia na identificação de vários indivíduos foi ainda necessário recorrer a análise molecular com ADN extraído dos espécimes. A extração do ADN foi feita com recurso a um kit de extração de ADN (E.Z.N.A. *Tissue DNA Kit*, Omega bio-tek) e a identificação dos organismos teve por base a região 5' do gene COI (*Cytochrome C Oxidase subunit I*). Foram amplificados aproximadamente 655 bp, usando uma mistura de quatro *primers*, de acordo com a metodologia proposta por Ward *et al.* (2005) e Ivanova *et al.* (2007):

VF2_†1	5'TGTA AACGACGGCCAGTCAACCAACCACAAAGACATTGGCAC3'	Ward <i>et al.</i> , 2005
FishF2_†1	5'TGTA AACGACGGCCAGTCGACTAATCATAAAGATATCGGCAC3'	Ward <i>et al.</i> , 2005
FishR2_†1	5'CAGGAAACAGCTATGACACTTCAGGGTGACCGAAGAATCAGAA3'	Ward <i>et al.</i> , 2005
FR1d_†1	5'CAGGAAACAGCTATGACACCTCAGGGTGTCCGAARAAYCARAA3'	Ivanova <i>et al.</i> , 2007

Posteriormente, com recurso a imagens de satélite e georreferenciação *in situ* do perímetro das áreas em estudo, foram delimitadas as áreas de mangal com potencial como área de viveiro e a área total de alagamento, de forma a determinar as características de interesse do mangal, para avaliação da sua relevância enquanto área de viveiro. As potenciais áreas de viveiro definem-se como áreas com capacidade de oferta de alimentação e protecção (e.g. raízes de mangal ou margens que têm baixa profundidade), por comparação com áreas não vegetadas e sem protecção (Whitfield, 2017).

Resultados

A avaliação da capacidade de um sistema costeiro ser uma área de viveiro para espécies piscícolas, depende não apenas da ocorrência das espécies que o usam para o seu desenvolvimento e protecção, mas a permanência destas no sistema. Para suportar esta afirmação e a título de exemplo, o mangal de Praia das Conchas sofre tentativas de colonização por várias espécies em fase juvenil, mas a estrutura do mangal não permite a manutenção de condições que viabilizem a sua permanência (ver capítulo 3). Assim, a entrada de espécies no sistema oferece a informação das espécies que procuram condições ecológicas para o seu crescimento e a identificação sistemática das ocorrências de juvenis no mangal indica que espécies usam efectivamente o sistema como área de viveiro. No total dos três anos

de amostragens em Malanza, registaram-se 23 espécies com indivíduos em fase juvenil (além de 2 géneros que poderão pertencer a espécies já identificadas: *Caranx* sp. e *Mugil* sp.) associadas ao mangal de Malanza (Tabela 1.2). A maioria ocorre no mangal em ambas as estações do ano, contudo, duas das espécies apenas foram capturadas na época das chuvas e oito são exclusivas da época seca. Esta relação está intimamente relacionada com a época de reprodução das espécies, que não se encontra descrita, mas também com a preferência de habitat. As espécies que usam determinados sistemas para o seu desenvolvimento, variam em função das preferências de habitat de cada uma (Nagelkerken *et al.*, 2000) e muitas são características de outros sistemas costeiros, como pradarias marinhas, sapais ou recifes de coral (Whitfield, 2017). No entanto, por comparação entre sistemas estuarinos, os mangais demonstram ser os habitats com maior relevância para as comunidades de peixes juvenis (Potter *et al.*, 2015). A frequência de espécies em fase juvenil, no mangal de Malanza, é sempre superior a 50% (Figura 1.6) e superior a 80% em épocas de chuva, fase em que os estádios juvenis dominam neste sistema (relativamente aos dois estádios registados, juvenil e adulto).

Tabela 1.2. Lista de espécies de peixe com ocorrência no mangal de Malanza, em resultados das amostragens de 2014, 2017 e 2020, com indicação do local de amostragem (Mx). A classificação por cor representa a sua captura em época seca (■), das chuvas (■) e em ambas (■). Realçadas a negrito encontram-se as espécies com interesse comercial.

Família	Espécie/Taxon	Nome Comum	Ano	Ponto de Amostragem
Carangidae	<i>Caranx fischeri</i>	Corcovado	2014, 2020	M2, M3
Carangidae	<i>Caranx latus</i>	Olho-grosso	2017, 2020	M3
Carangidae	<i>Caranx</i> sp.	Corcovado	2014, 2020	M2, M3
Cichlidae	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Papê	2014, 2017, 2020	M1, M4, M5
Eleotridae	<i>Eleotris annobonensis</i>	Xarroco-do-golfo-da-guiné	2014, 2017, 2020	M2, M3, M4
Gerreidae	<i>Eucinostomus melanopterus</i>	Parente	2014, 2017, 2020	M1, M2, M3
Gobiidae	<i>Bathygobius casamancus</i>	Lagartixa-do-mar-clara	2017	M2
Gobiidae	<i>Bathygobius soporator</i>	Lagartixa-do-mar-amboré	2017, 2020	M2
Gobiidae	<i>Periophthalmus barbarus</i>	Cucumba	2014, 2017, 2020	M1, M2
Haemulidae	<i>Plectorhinchus macrolepis</i>	Peixe-porco	2014, 2020	M3, M4
Lutjanidae	<i>Lutjanus endecacanthus</i>	Corvina-preta	2014, 2020	M3, M4
Lutjanidae	<i>Lutjanus goreensis</i>	Corvina-vermelha	2014, 2017, 2020	M2, M3
Megalopidae	<i>Megalops atlanticus</i>	Tainha-congo	2014, 2017, 2020	M3, M4, M5
Monodactylidae	<i>Monodactylus sebae</i>	Cozinhheiro-riscado	2014, 2017, 2020	M2, M3, M4
Mugilidae	<i>Mugil bananensis</i>	Tainha-banana	2017, 2020	M1, M2, M4
Mugilidae	<i>Mugil</i> sp.	Tainha-tarrafa	2014, 2017	M1, M2, M5
Mugilidae	<i>Parachelon grandisquamis</i>	Tainha-escamuda	2014, 2017, 2020	M1, M2, M3, M4, M5
Ophichthidae	<i>Dalophis cephalopeltis</i>	Cobra-concon	2014	M2
Pomacentridae	<i>Abudefduf saxatilis</i>	Tximtxim-amarelo	2017	M2
Pomacentridae	<i>Abudefduf taurus</i>	Tximtxim-escuro	2017	M3
Pomacentridae	<i>Stegastes imbricatus</i>	Tximtxim-preto	2017	M3
Serranidae	<i>Cephalopholis nigri</i>	Bacalhau-da-pedra	2017	M3
Serranidae	<i>Epinephelus adscensionis</i>	Garoupa	2020	M3
Serranidae	<i>Epinephelus aeneus</i>	Bacalhau	2017, 2020	M3, M4
Syngnathidae	<i>Microphis brachyurus aculeatus</i>	Agulha-buzina	2014, 2020	M3

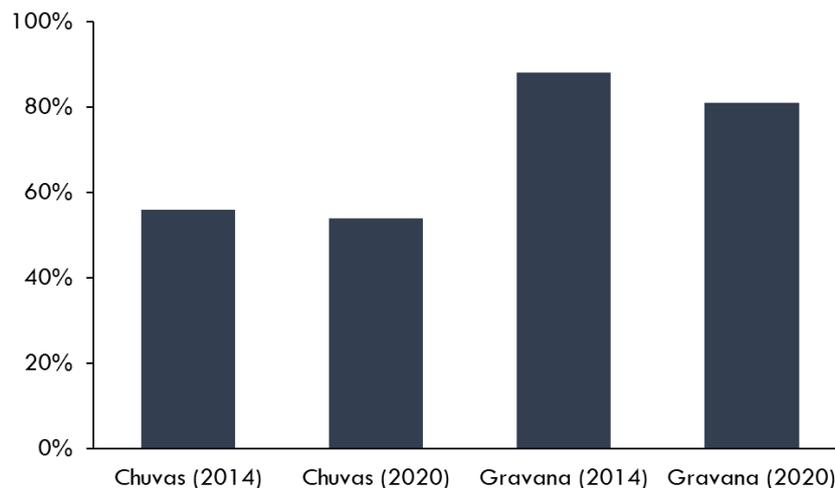


Figura 1.6. Frequência de espécies juvenis em relação ao número total de espécies capturadas no mangal de Malanza em ambas as fases do ciclo de vida (juvenil e adulto).

Tal como noutros ecossistemas de mangal, em Malanza, o número relativo de espécies de juvenis aumenta na época das chuvas. Considerando a comunidade de juvenis, as variações entre estações do ano ocorrem, essencialmente, nos locais M2 e M4 e no Jalé (M1), cuja distinção é maior entre épocas do ano (Figura 1.7), reflectindo uma composição ligeiramente diferente.

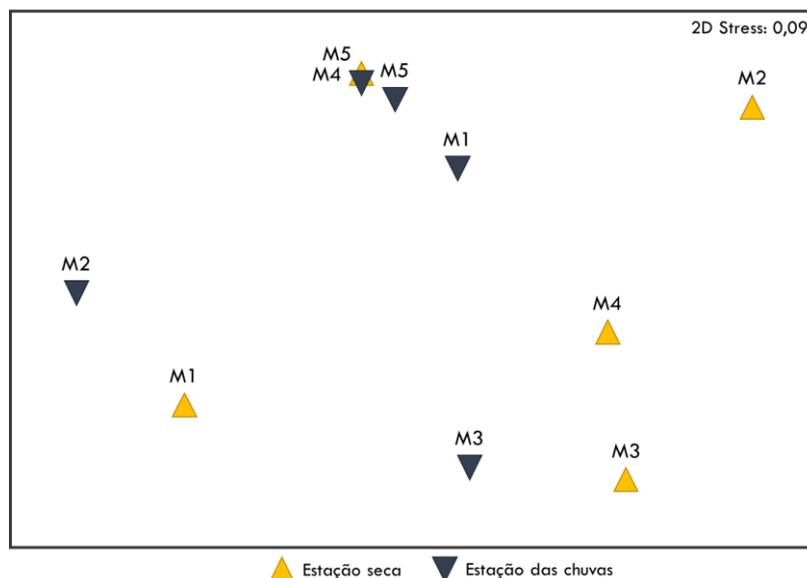


Figura 1.7. MDS (Multi-Dimensional Scaling) agrupando locais de amostragem pela composição da comunidade, considerando apenas as espécies de juvenis capturadas nas épocas das chuvas e seca do ano de 2020, no mangal de Malanza.

A captura de estádios larvares no mangal, revela diferenças relativamente aos juvenis capturados, com espécies representadas pela primeira vez, como é o caso da *Sardinella maderensis*, *Scyacium guineensis*, *Gobionellus occidentalis*, *Wheelerigobius maltzani*, *Pseudotolithus senegallus*, e do género *Citharichthys* (Tabela 1.3). No entanto, a não representação destas

espécies em estágio juvenil pode não estar relacionado com a intolerância às condições ambientais do mangal, mas pela sua baixa ou nula capturabilidade com as artes de pesca utilizadas. Muito embora seja menos provável haver zeros amostrais para quase todas estas ocorrências, os juvenis ou adultos dos Pleuronectiformes *Scyacium guineensis* e *Citharichthys* sp. são dificilmente capturados com as artes de pesca disponíveis e de utilização viável no mangal. Para este grupo a captura deve fazer-se com recurso a arrasto de vara, que não é possível usar em contexto de mangal. Assim, sublinha-se que a não representação deste grupo, do qual fazem parte os linguados, línguas, solhas e outros não deve ser interpretada como uma ausência no sistema, mas sim um zero amostral, até que se determine, com artes de pesca adequadas, a sua ausência ou baixa densidade no sistema. Estas são espécies bentónicas que, ainda que possam exibir algum grau de tolerância ambiental, dependem das condições abióticas da coluna de água e são bastante susceptíveis a fenómenos de estratificação que, por exemplo, causem depleção de oxigénio no fundo.

Tabela 1.3. Lista de larvas com ocorrência no mangal de Malanza, em resultados das amostragens de 2020, com indicação do local de amostragem, arte de pesca associada às capturas das espécies ou grupos taxonómicos e número absoluto de indivíduos capturados por *taxon*.

Família	Taxon	Ponto de amostragem	Arte de pesca	N total
Blenniidae	Blenniidae	Malanza (ponte)	Arrasto	1
Carangidae	<i>Caranx latus</i>	Malanza (ponte)	Redinha	88
Cichlidae	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Malanza (Montante), Jalé	Redinha, Armadilha	1900
Clupeidae	<i>Sardinella maderensis</i>	Malanza (ponte)	Arrasto	14
Cyclopsettidae	<i>Scyacium guineensis</i>	Malanza (ponte)	Arrasto	6
Eleotrinae	<i>Eleotris annobonensis</i>	Malanza (Jusante, Medio, Montante)	Armadilha, Arrasto	59
Eleotrinae	<i>Eleotris vittata</i>	Malanza (Medio, Montante)	Redinha, Armadilha, Arrasto	5
Elopidae	<i>Elops senegalensis</i>	Malanza (ponte)	Arrasto	2
Gerreidae	<i>Eucinostomus melanopterus</i>	Malanza (Jusante)	Redinha, Armadilha, Arrasto	74
Gobiidae	<i>Awaous lateristriga</i>	Malanza (Jusante)	Redinha, Armadilha, Arrasto	44
Gobiidae	<i>Gobionellus occidentalis</i>	Malanza (ponte)	Arrasto	1
Gobiidae	Gobiinae spp1 (G1)	Malanza (Jusante, Medio, Montante), Jalé	Redinha, Arrasto	248
Gobiidae	<i>Bathygobius soporator</i>	Malanza (Jusante)	Redinha, Armadilha, Arrasto	51
Gobiidae	<i>Porogobius schlegelii</i>	Malanza (Jusante)	Armadilha, Arrasto	1390
Gobiidae	Gobiinae sp2 (G7)	Malanza (Medio)	Armadilha, Arrasto	11
Gobiidae	<i>Wheelerigobius maltzani</i>	Malanza (ponte)	Arrasto	1
Lutjanidae	<i>Lutjanus agennes</i>	Malanza (ponte)	Arrasto	4
Monodactylidae	<i>Monodactylus sebae</i>	Malanza (Jusante)	Armadilha, Arrasto	6
Mugilidae	<i>Parachelon grandisquamis</i>	Malanza (ponte)	Redinha	7
Mugilidae	<i>Mugil curema</i>	Malanza (ponte)	Redinha	18
Mugilidae	<i>Mugil bananensis</i>	Malanza (ponte)	Redinha	24
Ophichthidae	<i>Dalophis cephalopeltis</i>	Malanza (ponte)	Arrasto	1
Paralichthidae	<i>Citharichthys</i> sp.	Malanza (ponte)	Redinha	2
Sciaenidae	<i>Pseudotolithus senegallus</i>	Malanza (ponte)	Arrasto	17
Syngnathidae	<i>Microphis aculeatus</i>	Malanza (Jusante, Medio)	Redinha, Armadilha	6
NA	NI	Malanza (ponte)	Arrasto	30

Após colonização do mangal por parte das espécies em estádios larvares, as armadilhas de luz permitiram identificar a permanência de alguns grupos taxonómicos nas zonas definidas, embora se tenha revelado uma técnica com baixa capturabilidade. A comunidade demonstra algum nível de agrupamento em função do sector, distinguindo-se, por um lado, a tilápia *O. mossambicus* por estar mais representada a montante, mas também os Eleotrídeos e a marinha, *M. aculeatus*, associadas a zonas de maior profundidade e mais distantes do ambiente marinho (Figura 1.8). O sector jusante demonstra uma maior heterogeneidade em função das suas comunidades de larvas, mas com os xarrocós *B. soporator* e *P. schlegelii* associados a áreas de maior turbidez e temperatura mais elevada e o *A. lateristriga* e o parente, *E. melanopterus*, em zonas mais salinas e mais oxigenadas. Destas, apenas o xarroco, *A. lateristriga*, não foi capturado em estádios de desenvolvimento posteriores (apenas capturado na Praia das Conchas). Entre sectores, as maiores diferenças na composição da comunidade de larvas foram encontradas entre a zona jusante e média [PERMANOVA, $P(\text{perm})=0,0265$], sendo os xarrocós os elementos da comunidade de larvas que mais contribuem para essas diferenças, de forma geral, menos abundantes na zona jusante (SIMPER com corte a 95% das contribuições cumulativas), principalmente o morfotipo Góbio spp1 (Tabela 1.4). Relativamente às características ambientais da coluna de água, aquelas que marcam a dissimilaridade são, essencialmente, profundidade, superior no grupo médio, a temperatura e as características associadas à salinidade e turbidez, mais elevadas a jusante (SIMPER, com corte de 95%) (Tabela 1.5).

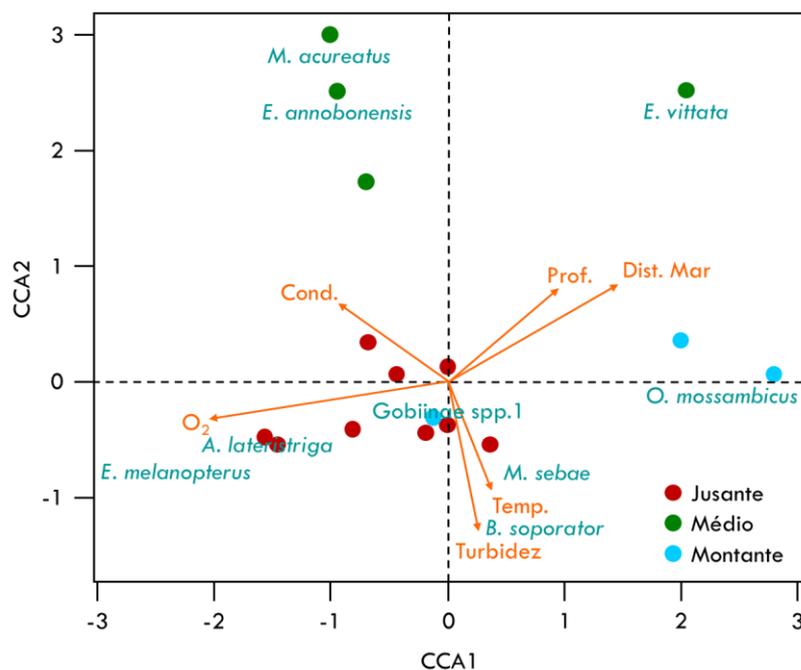


Figura 1.8. Análise Canónica de Correspondências (CCA) dos dados de abundância dos estádios larvares em armadilhas de luz, em Malanza, representando a comunidade larvar os sectores longitudinais (Jusante, Médio, Montante) e os parâmetros ambientais medidos na coluna de água (vectores). Cond.-condutividade; Prof.-profundidade; Dist. Mar.-distância à boca do mangal; O₂-concentração de oxigénio; Temp.-temperatura; e Turbidez. Para os primeiros dois eixos, os (constrained) Eigenvalues são, respectivamente para CCA1 e CCA2, de 0,47 e 0,31, com variâncias explicadas de 38% e 25%.

Tabela 1.4. Análise de semelhanças (SIMPER), para os grupos Jusante e Médio, analisando a abundância da comunidade de larvas capturadas com armadilhas de luz, no mangal de Malanza (corte de 95% na percentagem cumulativa de contribuição para as diferenças).

Taxa	Grupo Jusante	Grupo Médio	Dissemelhança (média)	Dissemelhança (SD)	Contribuição (%)	Contribuição cumulativa (%)
	Abundância média	Abundância média				
Gobiidae spp1 (G1)	0.2	0.03	37.48	1.4	45.32	45.32
<i>Awaous lateristriga</i>	0.03	0	10.31	0.74	12.46	57.78
<i>Eleotris annobonensis</i>	0.01	0.02	9.11	0.59	11.02	68.79
<i>Microphis aculeatus</i>	0.01	0.02	7.41	0.57	8.96	77.75
Gobiidae sp2 (G7)	0	0.01	4.19	0.35	5.07	82.82
<i>Eleotris vittata</i>	0	0.01	4.19	0.35	5.07	87.89
<i>Bathygobius soporator</i>	0.01	0	3.76	0.3	4.54	92.43

Tabela 1.5. Análise de semelhanças (SIMPER), para os grupos Jusante e Médio, analisando os parâmetros ambientais, nos locais de captura de larvas com armadilhas de luz, no mangal de Malanza (corte de 95% na percentagem cumulativa de contribuição para as diferenças). A variável ‘Secchi’ representa a visibilidade na coluna de água e TDS os sólidos dissolvidos totais.

Parâmetro	Grupo Jusante	Grupo Médio	Dissemelhança (média)	Dissemelhança (SD)	Contribuição (%)	Contribuição cumulativa (%)
	Abundância média	Abundância média				
Profundidade	-0.415	0.856	2.38	1.06	19	19
Temperatura	0.334	-0.382	2.16	0.83	17.26	36.26
<i>Secchi</i>	0.286	1.51E-02	1.75	0.92	13.97	50.23
Salinidade	0.282	-0.288	1.73	0.63	13.83	64.06
TDS	0.28	-0.246	1.68	0.64	13.37	77.43
Condutividade	0.17	-0.301	1.3	0.65	10.4	87.84
Distância ao Mar	-0.793	4.01E-02	0.827	1.45	6.6	94.44

Estes parâmetros físico-químicos da coluna de água, são comumente referidos como dos principais factores que influenciam a distribuição espacial da composição de juvenis nas áreas estuarinas, por oposição a factores bióticos ou outros relacionados com o tipo de habitat (e.g. Rakocinski *et al.*, 1992; Ley *et al.*, 1999; Baltz *et al.*, 1998). Esta conclusão reforça a importância da manutenção da heterogeneidade longitudinal para a diversidade da comunidade piscícola nos mangais.

Tal como outros sistemas costeiros, os mangais são importantes locais de viveiro para diversas espécies de peixe (Whitfield & Patrick, 2015) e a área vegetada disponível em cada um

desses habitats determina a relevância do ecossistema para esse efeito (Heck *et al.*, 1989; Sogard & Able 1991; Coles *et al.*, 1993; Connolly, 1994; Gray *et al.*, 1996; Rozas & Minello 1998; Lazzari *et al.*, 2003). Esta relação da abundância de juvenis com áreas vegetadas não está apenas relacionada com a produtividade do local (Blaber, 1980), em favor do desenvolvimento dos indivíduos, mas também é da maior relevância para protecção contra predadores, quando comparado com áreas não vegetadas (Primavera, 1997). No fundo, a complexidade trófica e efeito de protecção das áreas vegetadas está intimamente associada à qualidade da função de viveiro de um ecossistema (Heck *et al.*, 2003), pelo que a contribuição do mangal de Malanza para as comunidades piscícolas incluindo residentes, migradoras e populações costeiras de interesse comercial depende da manutenção e melhoria da integridade do sistema. No mangal de Malanza esta condição traduz-se numa área alagada com uma extensão de 1,647 km². Desta, a área máxima vegetada e com profundidade para deter potencial de viveiro é de 0,5139 km² (Figura 1.9). Isto é, 31% da área de mangal tem potencial de viveiro para a comunidade de peixes. Contudo, esta área depende da influência da maré e é variável. A área média foi estimada em 0,1986 km², contudo, a estimativa da área de viveiro mínima em função do regime de maré é de 0,0839 km², ou seja, 5% da área alagada, significando que existe uma variabilidade considerável na possibilidade da utilização de áreas para abrigo em marés grandes.

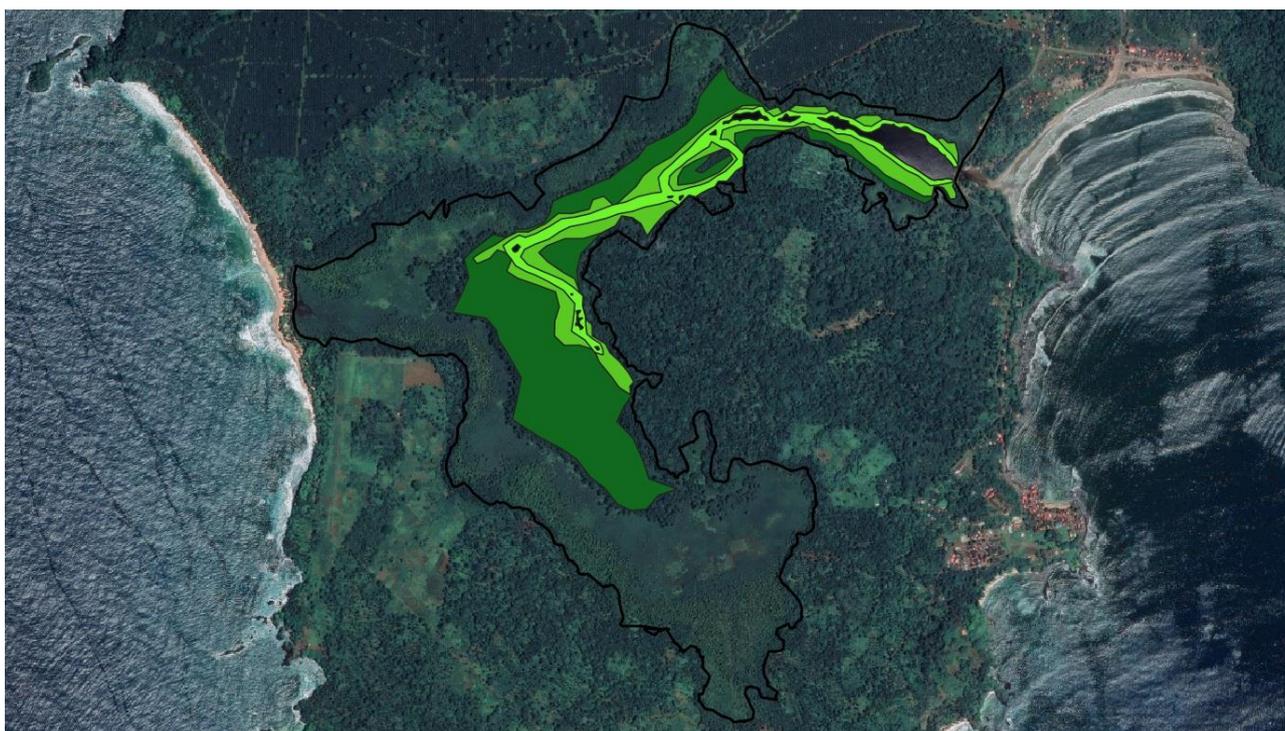


Figura 1.9. Mapa da área de estudo (mangal de Malanza), delimitando as áreas média (■ 0,1986 km²), mínima (■ 0,0839 km²) e máxima (■ 0,5139 km²) da zona alagada vegetada, considerada área potencial de viveiro. A linha a negro delimita a área total de alagamento (1,647 km²).

Esta é uma condição relativamente comum em sistemas de mangal (Unsworth *et al.*, 2009) e, em muitos casos, a amplitude desta variação, que no limite é representada por mangais intertidais (e.g. Diogo Nunes, STP), leva a uma utilização mais oportunista por parte das espécies, partilhando estes sistemas salobros com outras áreas vegetadas adjacentes, como

pradarias marinhas, evitando a exposição a predadores e redução do potencial de alimentação por perda temporária de habitat (e.g. Vance *et al.*, 1996; Uwe & Ulrich, 2003). Ainda assim, muito embora os mangais tendam a estar menos disponíveis durante a maré baixa, suportam uma abundância superior a outros habitats vegetados permanentemente submersos (Unsworth *et al.*, 2009) e Malanza demonstra uma variabilidade inferior aos restantes mangais já estudados na ilha de São Tomé (Heumüller, 2021). Pelo mesmo motivo é comum que áreas vegetadas adjacentes a mangais tenham uma riqueza específica superior a áreas vegetadas longe de mangais (Unsworth *et al.*, 2008). É de salientar, no entanto, a necessidade de monitorizar este sistema salobro para se identificarem alterações potencialmente deletérias para as suas comunidades biológicas. Isto é uma necessidade comum a todos os sistemas com influência antropogénica, mas esta condição é particularmente importante para os mangais de São Tomé e Príncipe, por estes se encontrarem numa zona de transição biogeográfica (Gouriou, 1993), cujos habitats são tendencialmente mais susceptíveis aos efeitos das alterações climáticas, com consequências para a comunidade de peixes nestas áreas de viveiro (Whitfield *et al.*, 2016).

2. AVALIAÇÃO DO IMPACTE ECOLÓGICO DA TILÁPIA (PAPÊ) (A2.1B)

Este capítulo avalia o potencial impacte ecológico da tilápia-de-Moçambique, ou papê em STP, (*Oreochromis mossambicus*) - doravante apenas designada por tilápia, dado que é uma das espécies exóticas invasoras de reconhecido impacte ecológico. Esta espécie invasora foi detectada, pela primeira vez, nos mangais de São Tomé por Félix *et al.* (2017), tendo sido logo apontada a elevada probabilidade de um impacte negativo nas comunidades aquáticas dos mangais, com potencial relevância para espécies com interesse comercial.

Metodologia

Limites ambientais potenciais e observados na tilápia, *Oreochromis mossambicus*

A tilápia é uma espécie com uma elevada capacidade para tolerar diferentes condições ambientais de temperatura, salinidade e oxigénio, o que lhe confere uma elevada capacidade de adaptação a diferentes ambientes aquáticos. Para avaliar as características ambientais toleradas pela tilápia, fez-se uma revisão literária com base nos termos '*Oreochromis mossambicus*' e as variáveis ambientais: 'temperatura', 'salinidade' e 'oxigénio'. Esta pesquisa bibliográfica foi feita para o continente africano, recorrendo aos motores de busca Scholar Google e o Web of Science e foi realizada entre Novembro e Dezembro de 2020. Em cada artigo consultado, foi retirado o valor observado do parâmetro ambiental onde ocorre a tilápia (temperatura, salinidade e oxigénio) (Tabela 2.1). Posteriormente, a distribuição dos valores destes três parâmetros foi comparada com os valores de ocorrência de tilápia nos mangais de São Tomé, entre 2014 e 2020. Foi ainda disponibilizada e comparada com os valores globais das amostragens das campanhas realizadas em São Tomé. Estas comparações irão permitir avaliar a disponibilidade ambiental que os sistemas de mangal de São Tomé têm e qual a distribuição da tilápia neste gradiente ambiental avaliado pelos três parâmetros estudados. A comparação com os dados bibliográficos irá avaliar também a potencial capacidade que a tilápia poderá ter para expandir a sua área de distribuição em São Tomé e, por conseguinte, a extensão do impacte ecológico nos sistemas de transição, mostrando se a tilápia ocupa ambientes salobros ou dulçaquícolas, e qual a sua capacidade de expansão para ambientes ainda não invadidos em São Tomé, em função de potenciais alterações climáticas ou físicas nos sistemas aquáticos. Consequentemente, esta análise permitirá identificar, de forma mais precisa, os grupos de espécies que poderão ser afectados pela invasão da tilápia nestes mangais.

Tabela 2.1. Número de trabalhos consultados em sistemas aquáticos de África para cada parâmetro ambiental (Temperatura, Salinidade e Oxigénio) utilizados para determinar a amplitude de valores tolerados para a tilápia, *Oreochromis mossambicus*.

Parâmetro ambiental	N
Temperatura	8 ^{a,b,c,d,e,f,g,h}
Salinidade	5 ^{a,b,d,i,j}
Oxigénio	3 ^{b,g,h}

^{a)} Ellender et al. 2008; ^{b)} Harrison & Whitfield 1995; ^{c)} Weyl & Hecht 1998; ^{d)} James & Bruton 1992; ^{e)} Khumalo 2006; ^{f)} van der Wall & Bills 2000; ^{g)} Robinson & Avenant-Oldewage 1997; ^{h)} Hecht & Zway 1984; ⁱ⁾ Cyrus & Vivier 2006; ^{j)} Whitfield 2006;

Tipologias de impactes causados por populações não-nativas de *Oreochromis mossambicus*

A tilápia é uma das espécies mais introduzidas em todo o planeta, distribuindo-se atualmente pelos cinco continentes e em mais de 90 países (FishBase.org). Esta espécie é considerada invasora em várias regiões do globo devido à multiplicidade de impactes que pode causar na biodiversidade e nos ecossistemas. Dado que em São Tomé e Príncipe a sua confirmação é recente (Félix *et al.*, 2017), não existe qualquer tipo de dados sobre os seus impactes nos mangais de São Tomé. Assim, com o objectivo de identificar os principais impactes devido à presença da tilápia, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, para o continente africano, com base nos termos '*Oreochromis mossambicus*' e 'impactes', sendo neste último caso utilizados os seguintes tipos de impactes: 1) transmissão de parasitas e doenças; 2) hibridação; 3) competição por espaço; 4) competição por recursos; 5) interacções agonísticas; e 6) impactes ecossistémicos. Esta pesquisa bibliográfica foi feita recorrendo aos motores de busca Scholar Google e o Web of Science e realizou-se entre Novembro e Dezembro de 2020. Para cada trabalho, foram determinados o número de impactes por tipologia considerando os sistemas invadidos (água doce e água salobra).

Determinação dos grupos taxonómicos mais afectados pela invasão da tilápia e análise de sobreposição funcional e ecológica

Dada a ausência de informação sobre os impactes causados pela Tilápia nos ecossistemas de transição, foi realizada uma análise de risco sobre as potenciais espécies (ou grupos de espécies) que poderão ser afectadas pela invasão desta espécie, complementada com uma identificação funcional das espécies nativas dos mangais de São Tomé, após avaliadas as preferências ecológicas em função de três parâmetros ambientais: temperatura, salinidade e oxigénio dissolvido.

Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica com o objectivo de identificar as espécies que poderão ser mais sensíveis à presença da tilápia, com base nos mesmos termos designados anteriormente e nos mesmos motores de pesquisa, seguindo a mesma metodologia de selecção. Seguidamente, foi realizada uma análise de agrupamento/classificação das espécies existentes nos mangais de São Tomé de acordo com os seus grupos funcionais. Para a determinação dos grupos funcionais foram avaliadas 5 categorias funcionais: 1) Guilda Ecológica, 2) Guilda de Preferência de Substrato, 3) Guilda Reprodutiva, 4) Guilda de

Alimentação e 5) Guilda de Distribuição Vertical. Para cada espécie foi determinada qual a característica dentro de cada Guilda, obtendo-se um conjunto de 5 características para cada uma das espécies avaliadas. Com base nesta informação e na abundância das espécies foram construídas duas matrizes, uma matriz com a abundância das espécies e outra com as características funcionais das espécies.

Com recurso ao software R e ao pacote FD, desenvolvido por Laliberté *et al.* (2015), são calculados os diferentes índices de diversidade funcional, entre eles a riqueza de grupos funcionais. As espécies são agrupadas consoante a similaridade nas suas características funcionais, através de uma análise de grupo (*Cluster Analysis*), sendo que as espécies mais semelhantes funcionalmente acabarão por formar o mesmo grupo. Deste modo foi possível determinar quais as espécies que partilham características com a tilápia nos mangais de São Tomé e, conseqüentemente, identificar que espécies poderão ser funcionalmente mais próximas da tilápia e serem afectadas pela sua presença.

Por último, e para o conjunto das espécies identificadas funcionalmente, compararam-se as respectivas ocorrências em função dos parâmetros ambientais mais relevantes nos mangais (temperatura, salinidade e oxigénio dissolvido).

Avaliação de risco AS-ISK

De forma a complementar a análise de risco do potencial impacte da tilápia foi aplicado o protocolo de avaliação de risco AS-ISK (*Aquatic Species - Invasiveness Scoring Kit*) para a área geográfica de avaliação de risco, neste caso, São Tomé e Príncipe. Esta ferramenta está disponível de forma acessível e gratuita no site www.cefas.co.uk/nns/tools/, tendo sido desenvolvida por Copp *et al.* (2016, 2021). Este protocolo de avaliação de risco consiste na pesquisa e resposta a 55 perguntas sobre a presença da espécie invasora na área de avaliação, das quais 49 perguntas correspondem à Avaliação de Risco Básica (BRA), e as restantes 6 perguntas correspondem à sua avaliação de acordo com a Avaliação das Alterações Climáticas (CCA). Para obter uma resposta válida, o avaliador terá de responder à questão, atribuir um valor de confiança na resposta e uma justificação. No final de responder a estas questões obtém-se uma pontuação que varia entre -32 e 80, sendo que espécies com um valor abaixo de 1 correspondem a espécies que não serão invasoras, as espécies com valores maiores do que 15 (BRA) e 18 (BRA+CCA) apresentam um Alto Risco e as espécies com pontuações superiores a 30 (BRA) e 36 (BRA+CCA) são consideradas de Muito Alto Risco, segundo os limites estabelecidos por Vilizzi *et al.* (2021). As avaliações de risco foram realizadas de forma separada e independente por 3 avaliadores (FA - Filipa Afonso; DD – Diogo Dias; JH – Joshua Heumüller), conhecedores dos mangais de São Tomé. A resposta a cada uma das perguntas foi substanciada com pesquisa bibliográfica de forma a que cada avaliador pudesse realizar uma análise cuidada para responder à questão. Os resultados foram posteriormente comparados com o trabalho de Vilizzi *et al.* (2021) que realizou uma revisão de todas as avaliações de diferentes espécies, incluindo a tilápia.

Resultados

Limites ambientais potenciais e observados em *Oreochromis mossambicus*

Temperatura

A coluna de água dos mangais de São Tomé e Príncipe apresenta uma variação térmica entre os 21,1°C e os 35,5°C (valor médio 26,3°C), sendo ligeiramente inferiores ao conjunto de valores registados nos locais de captura da tilápia, entre 24,6° e os 35,5°C (valor médio de 28,2°C) (Figura 2.1). Assim, esta espécie não-nativa de São Tomé e Príncipe acaba por ocupar as áreas de mangal com temperaturas ligeiramente mais elevadas, do que os valores extraídos da bibliografia, onde esta espécie invasora consegue ocupar habitats com águas mais frias (até 9,5°C), apesar das temperaturas mais comuns para a sua ocorrência variarem entre os 16°C e os 29°C (Figura 2.1).

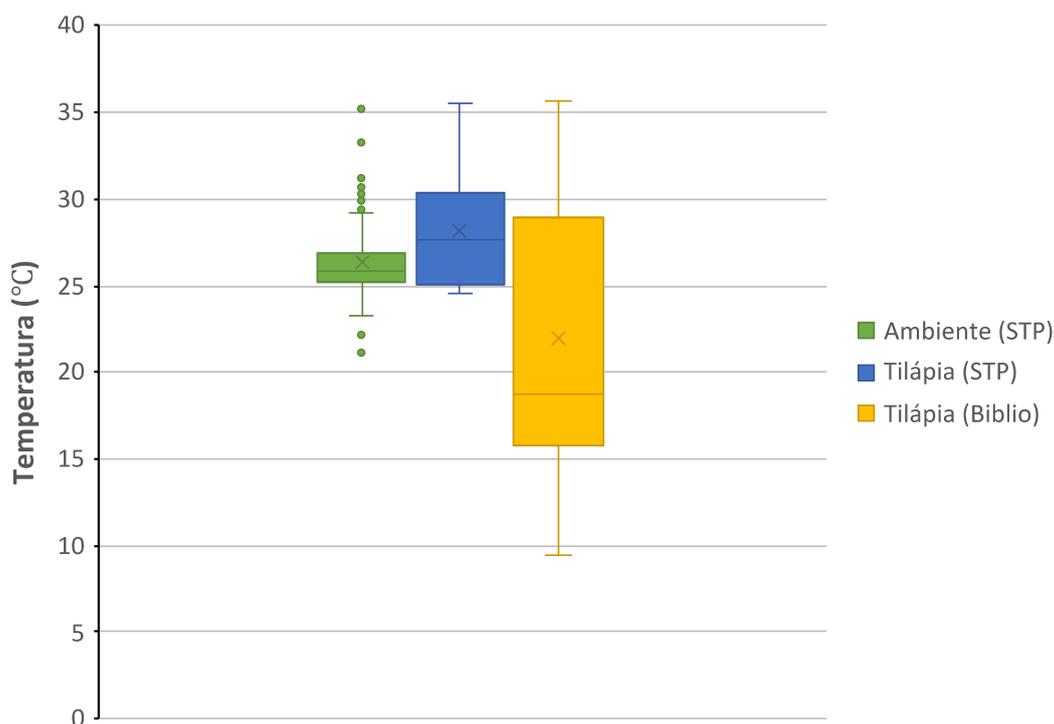


Figura 2.1. Distribuição dos valores de temperatura, em que o X representa o valor médio e a linha na caixa com bigodes representa a mediana e os limites de 50% de distribuição dos valores, enquanto os “bigodes” representam os limites de distribuição de 25% e 75% dos dados e os pontos representam *outliers*. Os valores foram determinados nos ambientes de mangal da Ilha de São Tomé: Ambiente (STP); para as ocorrências de tilápia (*Oreochromis mossambicus*) nos respectivos mangais: tilápia (STP); e para valores compilados a partir de bibliografia: tilápia (Biblio).

Salinidade

Os locais de amostragem realizados nos mangais de São Tomé entre 2014 e 2020 apresentam uma enorme amplitude no que se refere à salinidade (Figura 2.2), variando entre 0 e 35, com um valor médio de 13. Os locais de ocorrência da tilápia em STP revelaram ser, em média, ambientes ligeiramente mais salinos (valor médio de salinidade de 15) que o valor médio geral destes habitats, muito embora a amplitude tenha sido idêntica. O levantamento bibliográfico das ocorrências de tilápia em meios aquáticos mostrou que esta espécie ocorre, predominantemente, em locais com salinidades baixas, entre 0 e 19, sendo o valor médio registado de 9 e a mediana de 1 (Figura 2.2).

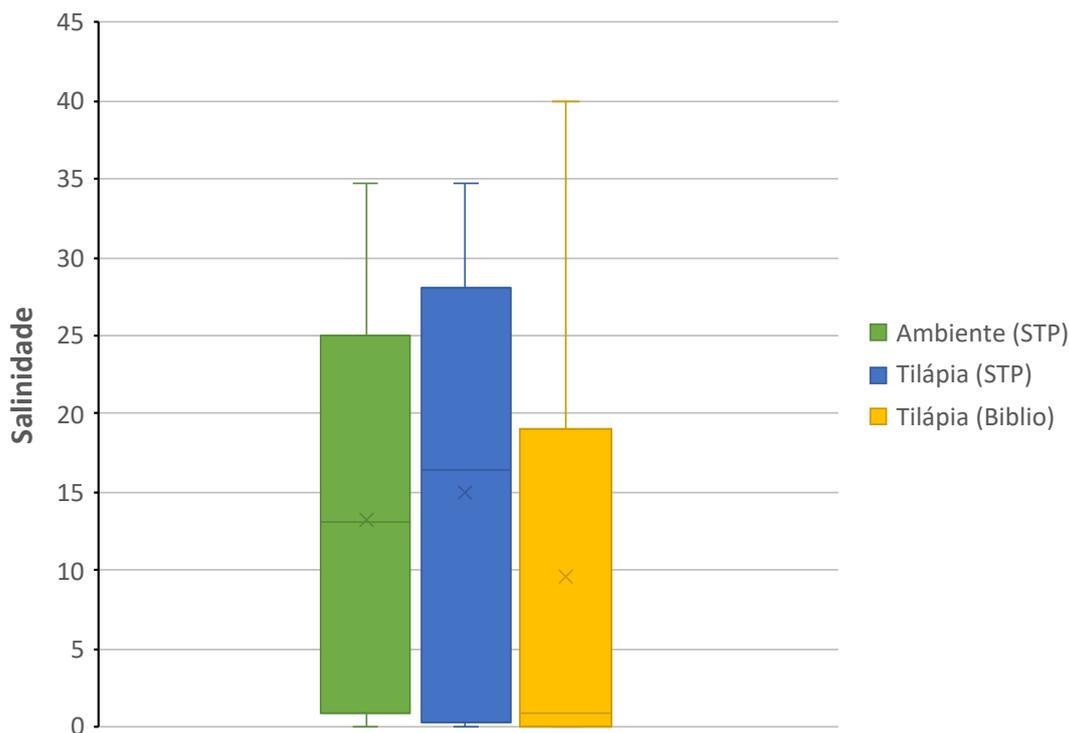


Figura 2.2. Distribuição dos valores de salinidade, em que o X representa o valor médio e a linha na caixa com bigodes representa a mediana e os limites de 50% de distribuição dos valores, enquanto os “bigodes” representam os limites de distribuição de 25% e 75% dos dados. Os valores foram determinados nos ambientes de mangal da Ilha de São Tomé: Ambiente (STP); para as ocorrências de Tilápia (*Oreochromis mossambicus*) nos respectivos mangais: Tilápia (STP); e para valores compilados a partir de bibliografia: Tilápia (Biblio).

Oxigénio

Os valores de concentração de oxigénio dissolvido lidos ao longo dos últimos anos para os mangais de São Tomé foram relativamente baixos, variando entre 0 e 14,2 mg/L, sendo o valor médio de 3,5 mg/L (Figura 2.3). Contudo, as ocorrências de tilápia verificaram-se em ambientes com valores de oxigénio dissolvido superiores à média ambiental registada nos sistemas de mangal (média de 5,3 mg/L). Os dados bibliográficos de ocorrências de tilápia mostram que esta espécie ocorre mais frequentemente em ambientes com valores de oxigénio dissolvido superiores (média de 7,2 mg/L).

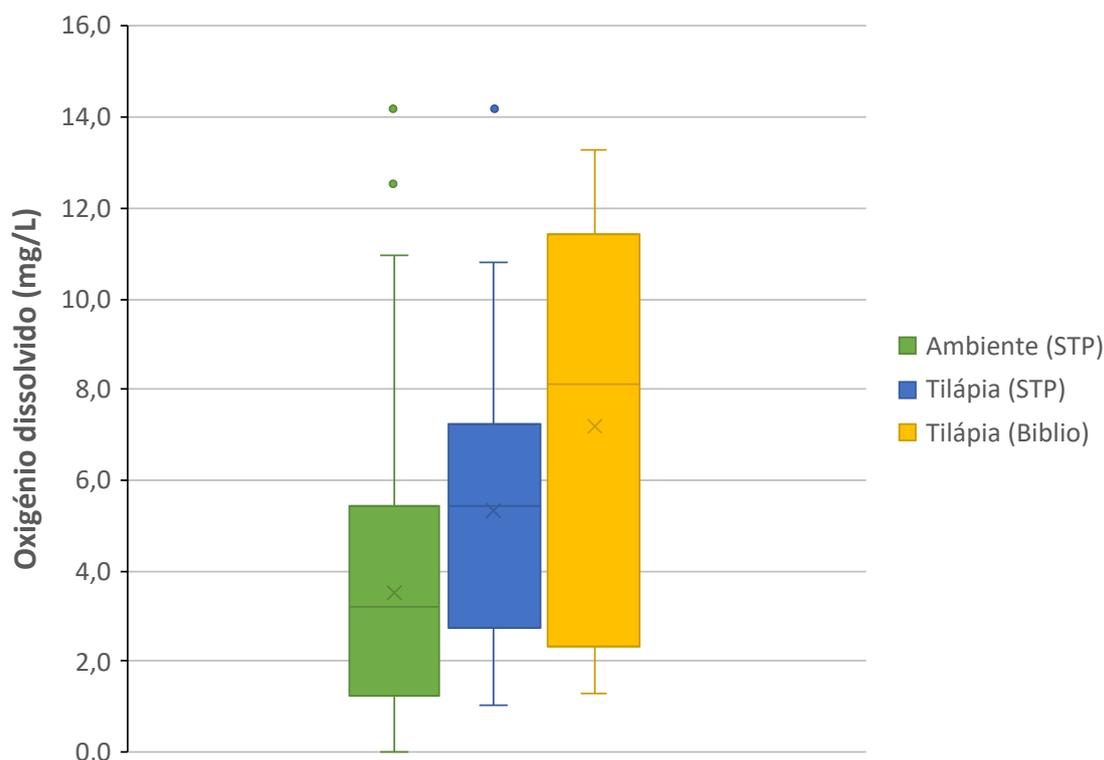


Figura 2.3. Distribuição dos valores de Oxigênio Dissolvido (mg/L), em que o X representa o valor médio e a linha na caixa com bigodes representa a mediana e os limites de 50% de distribuição dos valores, enquanto os “bigodes” representam os limites de distribuição de 25% e 75% dos dados e os pontos representam *outliers*. Os valores foram determinados nos ambientes de mangal da Ilha de São Tomé: Ambiente (STP); para as ocorrências de Tilápia (*Oreochromis mossambicus*) nos respectivos mangais: Tilápia (STP); e para valores compilados a partir de bibliografia: Tilápia (Biblio).

Em STP, a tilápia invadiu os mangais ocorrendo principalmente nas zonas mais quentes, com mais oxigênio e ligeiramente mais salinas, porém esta invasora consegue tolerar toda a variabilidade ambiental exibida nos mangais uma vez que a sua ocorrência em outras regiões do planeta inclui uma variabilidade ambiental maior no que se refere a estes três parâmetros ambientais. Assim, a tilápia apresenta um elevado potencial para invadir a generalidade dos habitats disponíveis dos mangais, eventualmente limitada por salinidades elevadas e/ou baixas concentrações de oxigênio dissolvido.

Tipologias de impactes causados por populações não-nativas de *Oreochromis mossambicus*

Foram consultados um total de 33 trabalhos que descrevem os impactes da tilápia, variando entre Transmissão de parasitas e doenças, Hibridação, Competição por Espaço, Competição por Recursos, Interações Agonísticas e Impactes Ecosistémicos (Tabela 2.2). O conhecimento sobre os impactes da tilápia em ecossistemas de água doce é três vezes superior relativamente aos estudos realizados em sistemas de transição, com apenas 8 trabalhos (24% dos trabalhos). De uma forma geral, verifica-se que não existe uma tipologia predominante nos impactes avaliados, sendo os impactes nos Ecossistemas os menos estudados (apenas dois estudos). Nos

ecossistemas de transição, o impacte da tilápia mais descrito foi a Competição por Espaço (50% dos estudos consultados) (Tabela 2.2).

Tabela 2.2. Número de artigos por tipologia de impactes causados pela presença da tilápia (*Oreochromis mossambicus*) em diferentes sistemas aquáticos (* número total de artigos que foram consultados, sendo que alguns trabalhos descrevem diferentes tipos de impactes e/ou abordam ambos os sistemas aquáticos considerados).

Impactes	Ecossistemas dulçaquícolas	Ecossistemas de transição	Total
Transmissão de parasitas e doenças	7 ^a	2 ^b	9
Hibridação	7 ^c	1 ^d	7
Competição por espaço	3 ^e	4 ^f	7
Competição por recursos	6 ^g	1 ^h	7
Interações agonísticas	5 ⁱ	1 ⁱ	6
Impactes ecossistémicos	2 ^k	0	2
Total	26	8	33*

^a (Ariel & Owens, 1997; Dove & O'Donoghue, 2005; Duncan, 1977; Mitra & Bandyopadhyay, 2006; Webb, 2003, 2008; Wilson *et al.*, 2019); ^b (Basson & Van As, 1994; Webb, 1994); ^c (Agnèse, 1998; Arthington & Blühdorn, 1994; De Silva & Ranasinghe, 1989; Firmat *et al.*, 2013; Mather & Arthington, 1991; Moralee *et al.*, 2000; Schmitter-Soto & Caro, 1997); ^d (Mather & Arthington, 1991); ^e (Fuselier, 2001; Maddern *et al.*, 2007; Pethiyagoda, 1994); ^f (Ahamed and Dharmaretnam, 2008, 2015; Kottelat and Whitten, 1996; Stinson *et al.*, 1991); ^g (FAO Fisheries and Aquaculture Department, 1977; Maddern *et al.*, 2007; Mercado-Silva *et al.*, 2009; Morgan *et al.*, 2004; Pet & Piet, 1993; Regi & Biju Kumar, 2018); ^h (Philippart & Ruwet, 1982); ⁱ (Cameron-Calvuori, 2014; Jenkins, 2009; Maddern *et al.*, 2007; Morgan *et al.*, 2004; Pérez *et al.*, 2003); ^j (Philippart & Ruwet, 1982); ^k (Jenkins, 2009; McCrary *et al.*, 2007)

É notória a falta de conhecimento sobre que impactes a tilápia terá sobre as comunidades aquáticas em ecossistemas de transição e, concretamente, em mangais. Nestes sistemas, o mecanismo mais descrito é a competição por espaço.

Determinação dos grupos taxonómicos mais afectados pela invasão da tilápia e análise de sobreposição funcional e ecológica

No levantamento bibliográfico foram identificados 8 grupos taxonómicos (Famílias/Ordens) que são afectadas pela invasão da tilápia (Tabela 2.3). Foram identificados 5 grupos taxonómicos presentes nos mangais de São Tomé que poderão ser susceptíveis aos diferentes impactes causados pela tilápia, nomeadamente, Eleoteridae, Anguilliformes, Mugilidae, Gobidae e Decapoda. Os Eleoterídeos são o grupo taxonómico que estão sujeitos a um maior número de impactes, sendo a Competição por Espaço, Competição por Recursos e Interações Agonísticas aqueles a que este grupo está sujeito (Tabela 2.3).

Tabela 2.3. Grupos taxonómicos sensíveis a cada tipologia de impacto devido à invasão da tilápia (*Oreochromis mossambicus*) - Grupos a negrito estão presentes nos mangais de São Tomé.

Impactes	Grupos taxonómicos mais impactados
Competição por espaço	Peixes (Atherinidae ^a , Cichlidae ^b , Cyprinodontidae ^c , Cyprinidae ^d , Eleoteridae^a), Aves (<i>Gallinula</i> ^e)
Competição por recursos	Peixes (Anguilliformes^f , Atherinidae ^g , Cichlidae ^f , Chanidae ^h , Cyprinidae ⁱ , Eleoteridae^a , Mugilidae^f , Percidae ^f , Siluriformes ^f , <i>Mugil cephalus</i> ^m), Decapodes^f
Interações agonísticas	Peixesi (Atherinidae ^g , Chanidae ^h , Eleoteridae^k , Gobidae^l)
Impactes ecossistémicos	<i>Nymphaeae</i> sp ^m

^a (Maddern *et al.*, 2007), ^b (Ahamed & Dharmaretnam, 2015), ^c (Fuselier, 2001), ^d (Kottelat & Whitten, 1996; Pethiyagoda, 1994), ^e (Stinson *et al.*, 1991), ^f (Regi & Biju Kumar, 2018), ^g (Maddern *et al.*, 2007; Morgan *et al.*, 2004), ^h (Philippart & Ruwet, 1982), ⁱ (Pet & Piet, 1993), ^j (Cameron-Caluori, 2014), ^k (Jenkins, 2009; Maddern *et al.*, 2007), ^l (McCrary *et al.*, 2007), ^m (Randall, 1987)

A análise dos grupos funcionais identificou cinco espécies com características funcionais mais próximas da tilápia: *Microphis aculeatus* (Syngnathidae), *Gymnothorax mareei* (Muraenidae), *Monodactylus sebae* (Monodactylidae), *Abudefduf saxatilis* (Pomacentridae), *Cephalopholis nigri* (Serranidae) (Figura 2.4). Estas espécies poderão competir pelos mesmos recursos e espaço, mas também estar sujeitas a interações agonísticas. Dos grupos taxonómicos indicados na Tabela 2.3, apenas a *Gymnothorax mareei* - pertencente à ordem dos Anguilliformes - é coincidente com os grupos funcionais identificados. De notar ainda que, as comunidades de peixes existentes nos mangais de São Tomé acabam por ter vários representantes das famílias identificadas na Tabela 2.3, concretamente os Eleoterídeos, os Gobiídeos, os Mugilídeos e os Decápodes, sendo que estes grupos poderão ser mais susceptíveis à invasão da tilápia.

Cluster dendrogram of species based on functional traits

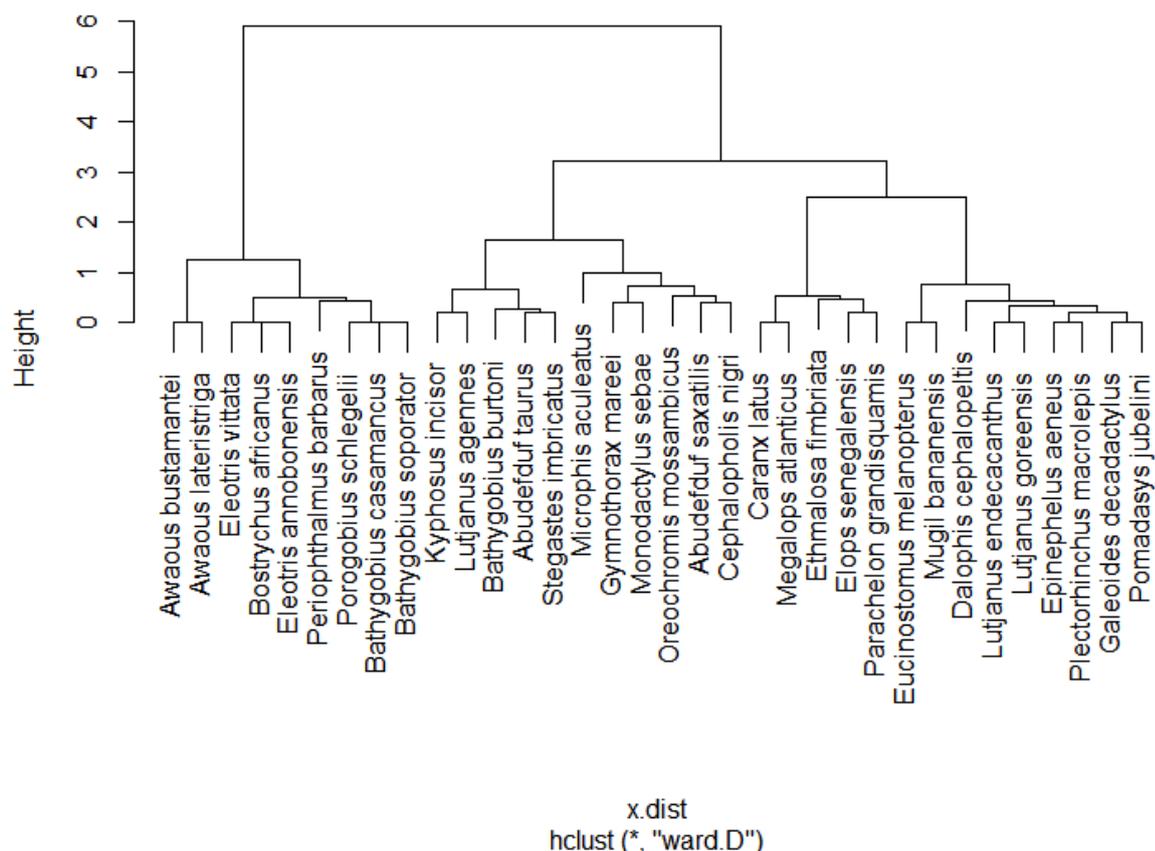


Figura 2.4. Dendrograma resultante da análise de agrupamento (UPGMA), baseado na matriz de distâncias (distância X), assente nas características funcionais de cinco caracteres.

Através da análise da distribuição dos parâmetros ambientais, para a temperatura, salinidade e oxigénio dissolvido, compara-se a variação destes parâmetros para cada uma das cinco espécies que partilham o mesmo grupo funcional da tilápia (Figura 2.5). As espécies *Abudefduf saxatilis* e *Cephalopholis nigri* ocorrem em meios consideravelmente mais salinos que a tilápia, sendo a sua co-ocorrência improvável. De igual modo, observa-se que *Microphis aculeatus* ocorre em ambientes mais dulçaquícolas, tornando pouco provável a sua ocorrência em simultâneo com a tilápia. As espécies *Gymnothorax mareei* e *Monodactylus sebae* exibem uma tolerância ambiental semelhante à tilápia, porém, *G. mareei* foi um registo único, sendo por isso especulativo retirar qualquer ilação desta comparação. Assim, tendo em conta a elevada sobreposição funcional e ecológica da tilápia com *M. sebae*, pode concluir-se que esta última espécie poderá ser potencialmente mais afectada pela presença daquela espécie invasora.

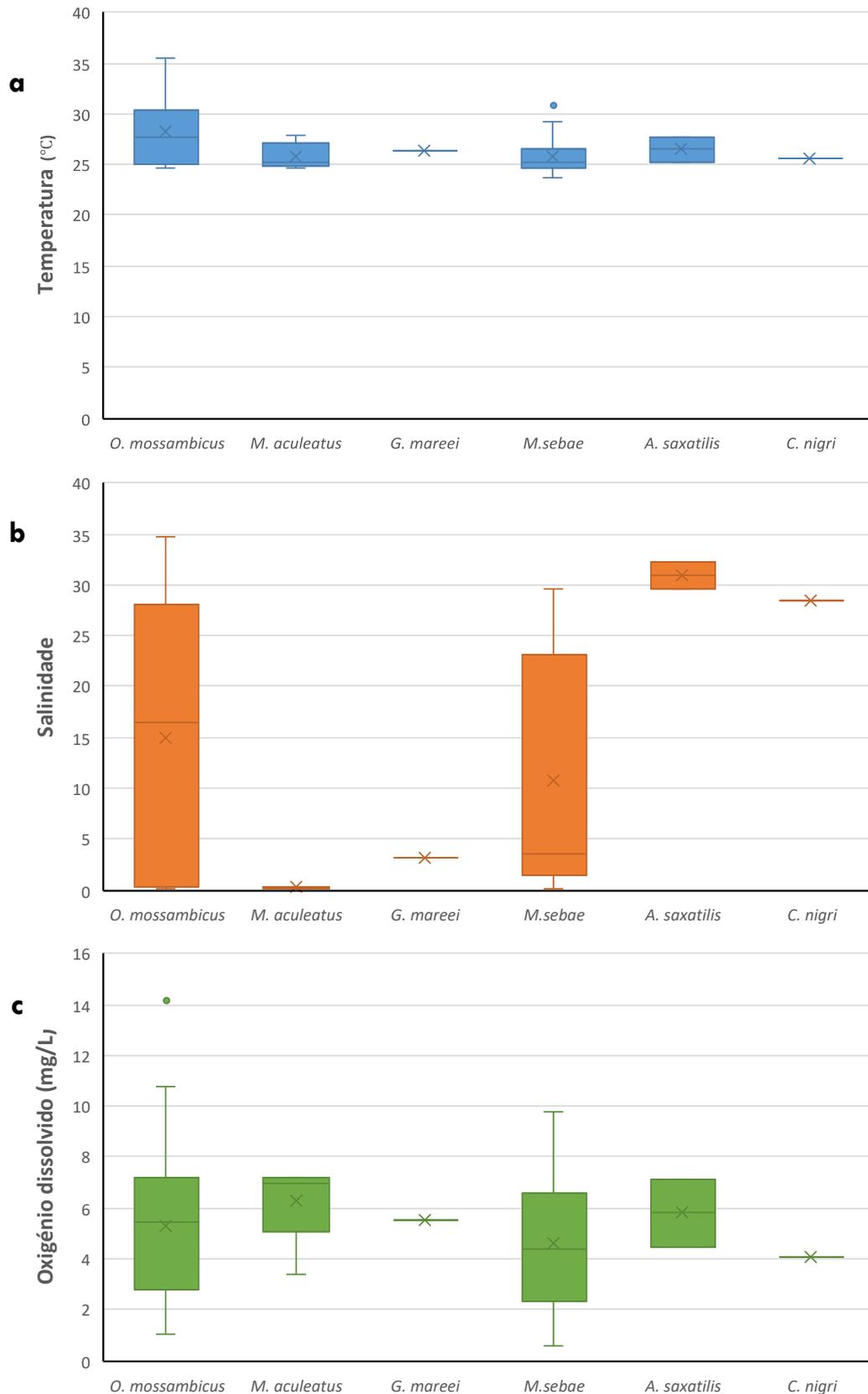


Figura 2.5. Distribuição dos valores de Temperatura (a), Salinidade (b) e Oxigénio Dissolvido (c), em que o X representa o valor médio e a linha na caixa com bigodes representa a mediana e os limites de 50% de distribuição dos valores, enquanto os “bigodes” representam os limites de distribuição de 25% e 75% dos valores e os pontos representam *outliers*. Os valores foram determinados nos ambientes de mangal da Ilha de São Tomé para as espécies que ocorrem no mesmo grupo funcional que a tilápia (*Oreochromis mossambicus*), identificados na análise anterior, *Microphis aculeatus*, *Gymnothorax mareei*, *Monodactylus sebae*, *Abudefduf saxatilis*, *Cephalopholis nigri*.

Os principais grupos taxonómicos susceptíveis de serem afectados pela presença da tilápia em estudos anteriores são os Eleoterídeos, Gobiídeos, Anguilliformes, os Decápodes e os Mugilídeos, uma vez que estes grupos têm diferentes espécies representadas nos mangais de São Tomé, e algumas das espécies são muito abundantes (ex. Mugilídeos, Eleoterídeos e Gobiídeos). Os principais impactes identificados foram a Competição por Recursos a Competição por Espaço e os Comportamentos Agonísticos. Na análise conjunta e integrada dos grupos funcionais com os parâmetros ambientais (ecológica), identifica-se o elevado potencial de impacte da tilápia sobre *M. sebae* uma vez que esta espécie pertence ao mesmo grupo funcional e exibe a mesma tolerância no que respeita à variação de amplitudes térmicas, salinas e de oxigénio dissolvido que a espécie invasora.

Avaliação de risco AS-ISK

As avaliações realizadas pela equipa classificaram a tilápia como uma espécie de Alto risco, obtendo uma pontuação média de BRA de 42,7, enquanto para o BRA+CCA o valor médio é de 52,6. Este valor é claramente superior aos valores determinados em trabalhos anteriores, revistos por Vilizzi *et al.* (2021) (Tabela 2.4). Os valores determinados para outras regiões nunca ultrapassaram o valor médio de BRA de 32,4 e para a avaliação completa de 39,1. A grande diferença estará relacionada com o *match* ambiental e climático que a região de avaliação (São Tomé e Príncipe) tem para a tilápia, aumentando consequentemente o risco ecológico. De referir ainda que este é o primeiro estudo de avaliação de risco para esta espécie realizado em África.

Tabela 2.4. Valores da pontuação do AS-ISK, Avaliação de Risco Básica (BRA) e com a Avaliação Alterações Climáticas incluída (BRA+CCA) para três avaliadores independentes e sua comparação com os valores obtidos de acordo com o trabalho de Vilizzi *et al.* (2021) noutros estudos.

Avaliador	Região	BRA	BRA+CCA	Classificação
FA	África	38	44	Muito Alto Risco
DD	África	43	55	Muito Alto Risco
JH	África	47	59	Muito Alto Risco
Média		42,7	52,6	
País	Região	BRA	BRA+CCA	Classificação
Croácia	Europa	32,5	32,5	Muito Alto Risco
Eslovénia	Europa	21	31	Muito Alto Risco
Kerala	Ásia	46	50	Muito Alto Risco
Turquia	Ásia	24	34	Muito Alto Risco
Península Arábica	Ásia	44	48	Muito Alto Risco
Vietnam	Ásia	27	39	Muito Alto Risco
Média		32,4	39,1	

De uma forma geral, a tilápia na ilha de São Tomé demonstra uma disseminação alargada e ocupa actualmente um considerável intervalo de salinidades, pelo que se encontra em mangais e nas ribeiras. Não se conhece o real impacte da tilápia sobre algumas espécies de peixes e crustáceos, uma vez que esta primeira avaliação é posterior à sua introdução. Assim, alguns dos impactes da tilápia, exercidos por competição poderão já ter modificado as comunidades aquáticas dos mangais. Neste cenário, a utilização de ferramentas que avaliem o potencial para esta espécie ter impacte na ocorrência de outras demonstra ser uma razoável fonte de informação. Aliás, se complementado com a plasticidade (capacidade de tolerar ambientes que se afastem da condição óptima) de outras espécies, é possível, conforme indicado anteriormente, identificar quais as espécies que poderão estar em risco. Embora estas espécies ainda ocorram em Malanza, alterações impostas pelo clima ou antropogénicas (e.g. alterações físicas aos habitats) podem levar a um aumento da sobreposição de habitats utilizados por estas espécies nativas e, em consequência, elevar o risco para essas mesmas espécies. Na zona de água-doce da Praia das Conchas apenas foi capturada tilápia nas campanhas de amostragem realizadas desde 2014. Contudo, noutros cursos de água-doce foram capturadas outras espécies dulçaquícolas, pelo que é possível que a introdução da tilápia tenha afectado negativamente outras espécies na ilha de São Tomé.

3. ESTUDO COMPLEMENTAR SOBRE A DINÂMICA E ECOLOGIA DOS MANGAIS AO LONGO DE TODO O ANO, COM ESPECIAL INCIDÊNCIA NA ÉPOCA SECA (A2.2)

O estudo da dinâmica de um sistema requer a monitorização temporal dos vários parâmetros de relevância de forma a avaliar a sua evolução ecológica num ciclo hidrológico. Nos sistemas de mangal, que dependem de condições hidrológicas continentais (*input* de água doce) e da hidrodinâmica de marés, importa avaliar a condição dos ecossistemas acompanhando as variações ambientais naturais (estações do ano). Isto permitirá determinar o impacte da variabilidade ambiental nas comunidades piscícolas e a forma como esta dinâmica se relaciona com os ciclos de vida das espécies (reprodução e desenvolvimento), sendo um indicador da capacidade do mangal em contribuir para as comunidades de peixes residentes e das áreas costeiras adjacentes, nomeadamente, enquanto área de alimentação e reprodução para adultos ou desenvolvimento para juvenis.

Metodologia

A metodologia de amostragem da comunidade piscícola é partilhada com a metodologia e delineamento aplicados à amostragem de juvenis do capítulo 1, através da qual se capturaram todos os indivíduos, independentemente da fase do seu ciclo de vida. Mesmo artes de pesca inicialmente dirigidas a indivíduos juvenis, como os covos, capturaram espécies bentónicas em fase adulta. Assim, aplicou-se neste capítulo a abordagem multi-habitat para maximização da representatividade da riqueza específica e diversidade das espécies com ocorrência no mangal, dividida por rondas de capturas sucessivas (Tabela 1.1, Figura 1.2). Contudo, por redução das épocas de amostragem, imposta pelas regras sanitárias em fase de confinamento, a lista de capturas pôde ser complementada, beneficiando das amostragens prévias nos anos de 2014 e 2017 que representam, respectivamente, a época das chuvas e a época seca.

Após a captura, todos os indivíduos foram medidos (± 1 mm) e pesados (± 1 g). Para posterior processamento, os indivíduos de espécies não identificadas *in situ*, por incerteza, foram fixados numa solução de formol tamponado a 4% durante 24h e posteriormente transferidos para álcool a 70° para conservação das estruturas e posterior identificação da espécie. O sistema digestivo de cada indivíduo, sempre que se tratava de uma espécie de interesse comercial, foi dissecado e conservado em álcool 96° para posterior identificação da dieta da espécie no mangal. Os tratos digestivos foram medidos e pesados e o seu conteúdo removido para individualizar cada item alimentar. Os itens alimentares foram pesados individualmente e definida a sua localização no trato digestivo. Todas as presas foram identificadas ao nível taxonómico mais baixo possível, o que varia consoante a condição do item alimentar. Para

cada espécie de peixe, sempre que ocorria um número mínimo de capturas, que permitisse uma representatividade alimentar, a dieta é avaliada cabalmente, de acordo com a metodologia abaixo. Assim, das 10 espécies amostradas, para análise de alimentação, apenas três têm amostras representativas (N=17; N=20; N=7) e uma quarta (N=4) deverá ser interpretada com as devidas cautelas. Para as restantes espécies, os conteúdos alimentares e número da amostra serão apresentados de forma descritiva. Assim, quando existe um número baixo de capturas para uma determinada espécie, os conteúdos alimentares são descritos, mas não representam um quantitativo válido para a análise da dieta da espécie. Para casos com representatividade, foi determinada a frequência numérica das presas ($I_N = (\text{número de itens de uma presa/número total de itens}) \times 100$) e a frequência de ocorrência ($I_O = (\text{número de tratos digestivos contendo uma presa/número total de estômagos não vazios}) \times 100$). Estes índices são indicadores das presas mais importantes para cada espécie. Para I_O , quando este é $>50\%$ o item é considerado como presa principal, quando $50\% \geq I_O \geq 10\%$ a presa é frequente, mas secundária e quando $I_O < 10\%$ a presa é rara (Hyslop, 1980). A diversidade de presas foi estimada usando o índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') (Shannon & Weaver, 1963), o que permite avaliar a amplitude do nicho trófico. O grau de especialização trófica foi, por sua vez, definido através de um diagrama que relaciona, para cada espécie, a diversidade total de presas dessa espécie, $H'(P)$, com a média da diversidade de cada indivíduo da espécie, $H'(I)$ (Tokeshi, 1991). Uma espécie com baixo $H'(I)$ e baixo $H'(P)$ é considerada especialista, enquanto que o oposto a considera generalista com um regime alimentar homogêneo. Combinações de baixo $H'(I)$ e $H'(P)$ elevado classifica a espécie como generalista, com um regime alimentar heterogêneo e elevado $H'(I)$ e $H'(P)$ baixo traduz-se numa ocorrência rara.

Além disso, foi também calculado o coeficiente de vacuidade (CV), que avalia a frequência de alimentação pela percentagem de estômagos vazios. Este é calculado pela fórmula:

$$CV = \frac{\text{n}^\circ \text{ estômagos vazios}}{\text{total de estômagos analisados}} \times 100$$

A cada ronda de amostragens e para cada local de amostragem, devidamente georreferenciado, foram medidos diversos parâmetros ambientais, com recurso a uma sonda multiparamétrica (YSI II), nomeadamente temperatura, condutividade, pH e oxigénio dissolvido. Adicionalmente, foram recolhidas amostras de sedimento para determinação da sua granulometria e teor de matéria orgânica. A granulometria do sedimento foi determinada por separação das diversas fracções através de uma coluna de quatro crivos (0,063 mm, 0,250 mm, 0,500 mm e 2,000 mm) tipo AFNOR. A matéria orgânica total do sedimento (MOT) foi determinada por perda após combustão em mufla a 480 °C, durante 12 horas. Para cada local foi ainda determinada a concentração de nutrientes na coluna de água, nomeadamente fosfatos, ortofosfatos, amónia, azoto total, nitritos, nitratos e silicatos, bem como a matéria orgânica em suspensão e concentração de clorofila (Chl a), para avaliar a capacidade de

retenção do mangal em relação ao material proveniente de escorrência da bacia hidrográfica. Para o efeito, foram recolhidas amostras de água, filtradas antes de analisadas em material filtrante que varia conforme a técnica aplicada. Para avaliação da concentração de nutrientes foram usadas membranas de policarbonato (0,4 μm), em que o volume filtrado (~30 ml) é separado em diferentes recipientes para análise de nutrientes singularmente, nomeadamente: nitritos, nitratos e azoto total; amónia; ortofosfatos e fósforo; silicatos. As amostras de nutrientes foram congeladas a baixas temperaturas e posteriormente, em laboratório, analisadas por espectrofotometria, utilizando para o efeito um *autoanalyzer* modelo SAN++ da marca SKALAR, nas seguintes condições: nitritos, nitratos e azoto total a 540 nm, amónia a 630 nm, ortofosfatos e fosforo total a 880 nm e silicatos a 810 nm. As amostragens sazonais permitem monitorizar a carga de nutrientes em diferentes períodos do ano hidrológico.

A Chl α foi determinada por *High-Performance Liquid Chromatography* (HPLC). As amostras foram filtradas usando filtros de fibra de vidro (GF/F) e conservadas a -80°C . Para leitura da amostra foi utilizado um HPLC *Shimadzu*, que permite quantificar a concentração de Chl α e identificar e quantificar os diferentes pigmentos presentes na amostra. A amostra necessita ser processada antes da leitura, o que envolve macerar o filtro com adição de metanol, ultrassons e centrifugação. Por fim, a solução resultante é de novo filtrada.

Para quantificação da matéria total em suspensão e matéria orgânica, as amostras foram filtradas através de filtros de fibra de vidro (filtro GF/F), retirando três réplicas de cada amostra. Uma vez que se trata de matéria em suspensão, é necessário garantir que nenhuma porção é perdida durante a filtração, e portanto, os copos de filtração foram lavados com água ultra-pura no fim de cada momento. Os filtros foram conservados a -20°C . Em laboratório o processamento da matéria em suspensão envolve colocar os filtros duas vezes numa estufa a 60°C , por 2 horas consecutivas de cada vez, de modo a retirar toda a água do filtrado até apenas a matéria anteriormente em suspensão permanecer. À temperatura ambiente, os filtros foram pesados. Para quantificação do teor em matéria orgânica, os filtros foram colocados numa mufla a 450°C de modo a queimar a matéria orgânica, durante 4 horas, para posterior pesagem, assim através da diferença de peso antes e após a queima é possível determinar a quantidade de matéria orgânica. De forma a garantir que não absorveram humidade, os filtros são colocados na estufa a 60°C , durante 2 horas, entre pesagens.

A determinação de diferenças entre as estações seca e das chuvas, para a comunidade de peixes e variáveis ambientais, foi feita com recurso a análises de permutação PERMANOVA (Anderson *et al.*, 2008), com um nível de significância de 5%. Aquando da existência de diferenças significativas, uma análise de semelhanças, SIMPER (Clarke & Gorley, 2015), avaliou a dissimilaridade nas composições em questão (peixes ou parâmetros ambientais), para um nível de corte de 90%. O cálculo da diversidade foi estimado com base no índice de Shannon-Wiener (H'), que considera não só o número de espécies como a abundância das mesmas. Assim, valores mais elevados de H' representam comunidades de espécies que ocorrem em abundância semelhante.

Resultados

O mangal de Malanza apresenta, espacialmente, características distintas (Figura 3.1). As maiores diferenças encontram-se entre os locais mais influenciados pelo mar [Jalé (M1) e boca do mangal, a jusante da ponte (M2)] e as áreas mais centrais. A salinidade e a concentração de oxigénio dissolvido são mais elevadas nas zonas de influência marinha, assim como a temperatura. Contudo, Jalé (M1) e a boca do mangal (M2) distinguem-se também pela granulometria dos sedimentos e pela capacidade de retenção de alguns nutrientes, sendo o primeiro aquele que tem maior capacidade de retenção pelo reduzido hidrodinamismo. A zona do espelho de água, acima da ponte (M3) demonstra características transversais aos vários parâmetros ambientais e as zonas localizadas a montante (M4 e M5), no canal principal do mangal, exibem salinidades, valores de concentração de oxigénio e temperaturas inferiores às restantes. Os seus sedimentos apresentam uma granulometria média superior e maior percentagem de TOM comparativamente aos restantes locais, mas possui uma menor capacidade de retenção da maioria dos nutrientes (num gradiente montante-justante). Esta retenção demonstra ser mais elevada em locais de menor hidrodinamismo (M1 e M3).

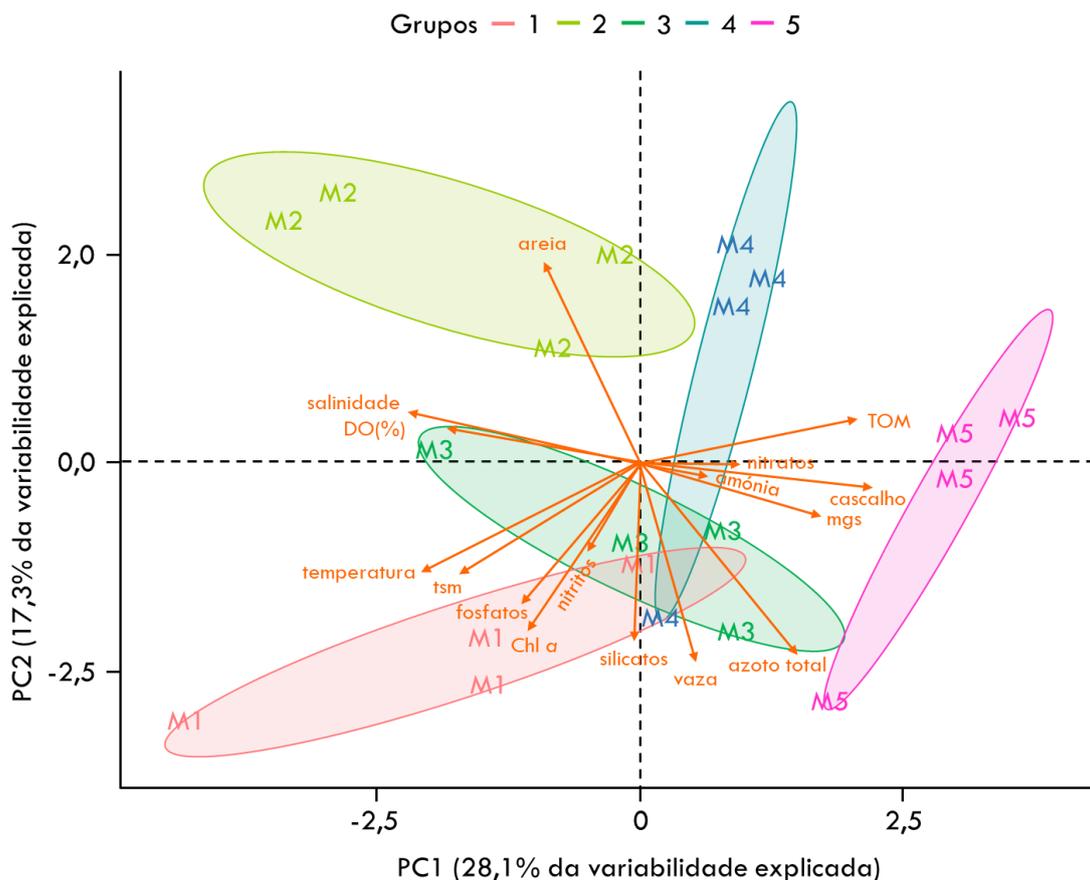


Figura 3.1. Análise de componentes Principais agrupando estações de amostragem, no mangal de Malanza, pelas suas características ambientais (vectores). Elipses demarcam o factor estação de amostragem, com um intervalo de confiança de 95%.

Por outro lado, em comparação com a Praia das Conchas, Malanza demonstra uma maior homogeneidade quanto às suas características ambientais (Figura 3.2). A Praia das Conchas apresenta concentrações de nutrientes mais elevadas, em resultados da escorrência continental e os sedimentos possuem uma granulometria média superior aos de Malanza. A sua heterogeneidade está relacionada com o ponto PC4, que representa uma massa de água salina a jusante da barreira (estrada nacional) que impossibilita as trocas de água entre o mangal e o mar. Esta massa de água é alimentada por marés grandes em fenómenos de intrusão marinha, mas ao longo do tempo e sem comunicação com o ambiente marinho e dulçaquícola, esta torna-se uma zona hipersalina (por evaporação) com características muito diferentes das restantes zonas aquáticas deste mangal.

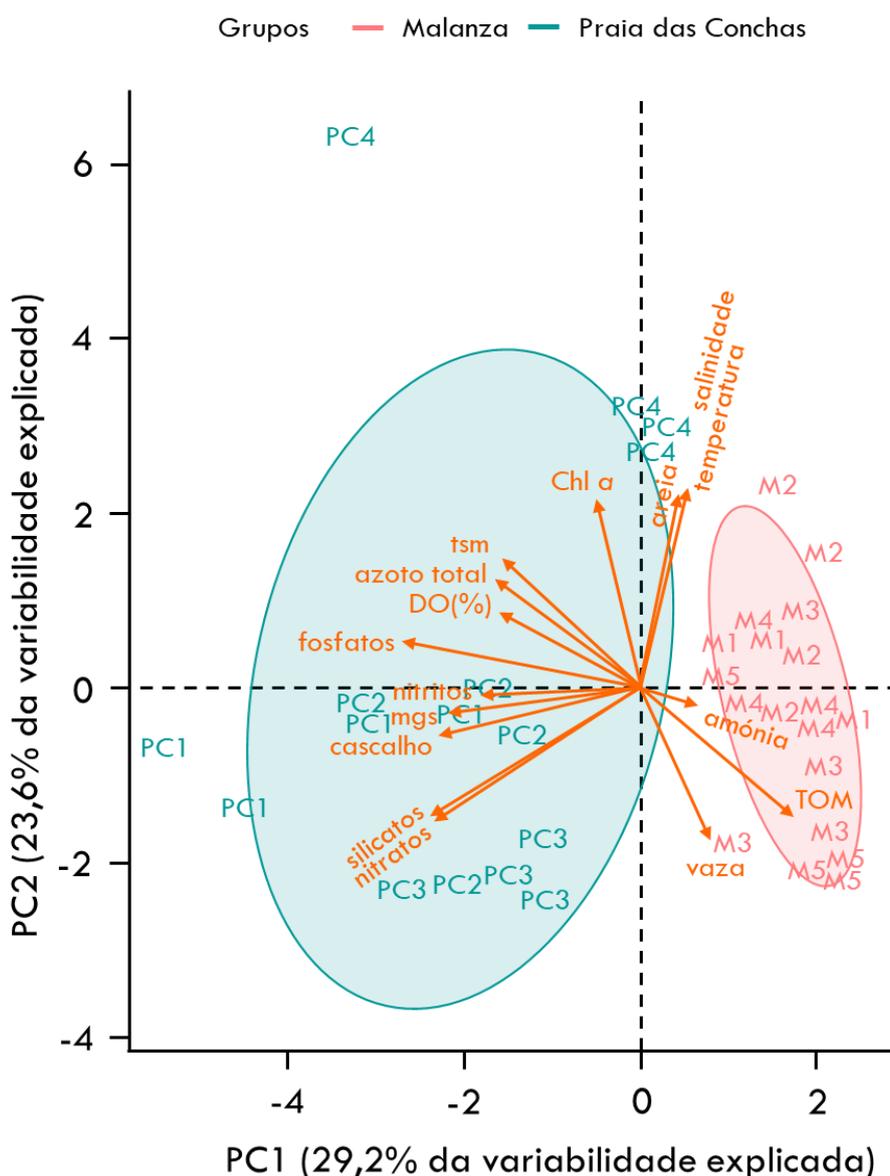


Figura 3.2. Análise de Componentes Principais agrupando estações de amostragem, nos mangais de Praia das Conchas e Malanza, pelas suas características ambientais (vectores). As elipses demarcam o factor mangal, para um intervalo de confiança de 95%.

Entre estações do ano (época seca e das chuvas) as condições ambientais no mangal de Malanza são marginalmente diferentes [PERMANOVA: $P(\text{perm})=0,0594$], se considerarmos o conjunto dos parâmetros recolhidos. Ou seja, existem diferenças entre alguns destes parâmetros que influenciam a sua distinção, mas, no seu conjunto, não demonstram que o mangal seja significativamente diferente entre as estações do ano. Assim, os parâmetros que mais contribuem para a distinção entre as estações do ano amostradas são nitritos, temperatura e salinidade, mais elevados na época seca e nitratos e amónia mais elevados na época das chuvas (Tabela 3.1).

Tabela 3.1. Resultados da análise SIMPER (nível de corte 90%), representando as dissimilaridades entre a época seca e época das chuvas no mangal de Malanza, com indicação dos valores médios (normalizados) e da contribuição de cada parâmetro (Contrib.%) e contribuição cumulativa (Cum.%) para aquelas diferenças.

Parâmetro	Grupo Seco		Grupo Chuvas	
	Valor médio	Valor médio	Contrib%	Cum.%
Nitritos	0,922	-0,922	8,79	8,79
Nitratos	-0,789	0,789	7,65	16,44
Temperatura	0,782	-0,782	7,59	24,03
Amónia	-0,722	0,722	7,14	31,17
Salinidade	0,571	-0,571	6,16	37,32
Matéria orgânica	-0,433	0,433	5,46	42,79
Sólidos em suspensão	0,395	-0,395	5,30	48,09
Fosfato Total	0,299	-0,299	4,97	53,06
Silicatos	0,27	-0,27	4,89	57,94
Oxigénio	-0,261	0,261	4,86	62,81
Ortofosfatos	0,252	-0,252	4,84	67,65
Vasa	-0,247	0,247	4,82	72,47
Areia	0,223	-0,223	4,77	77,24
Granulometria média	0,11	-0,11	4,58	81,82
Cascalho	0,104	-0,104	4,57	86,39
Clorofila <i>a</i>	8,3E-2	-8,3E-2	4,55	90,95

Especialmente, Malanza apresenta-se mais heterogéneo durante a época seca (SIMPER, grupo de locais da época seca, com uma *Average squared distance* = 17,10 contra 14,11 na época das chuvas) (Figura 3.3). Um maior caudal de escorrência continental e, conseqüentemente, de escoamento do mangal, oferece maior mistura de massas de água em função do maior hidrodinamismo, conferindo à coluna de água uma maior homogeneidade. Em época seca, a redução desta dinâmica vem evidenciar as diferenças entre zonas de escorrência preferenciais (lóticas) e zonas lânticas que se caracterizam por uma maior retenção de material continental (nutrientes, poluentes, matéria orgânica, etc.). Estas diferenças ambientais entre estações do ano poderão ter forte influência nas comunidades biológicas, em particular, nos peixes em ambientes salobros costeiros, alterando o habitat disponível em função do nível de tolerância das espécies e das suas necessidades tróficas, dependendo da fase do seu ciclo de vida e utilização que fazem do mangal (e.g. Whitfield, 2017).

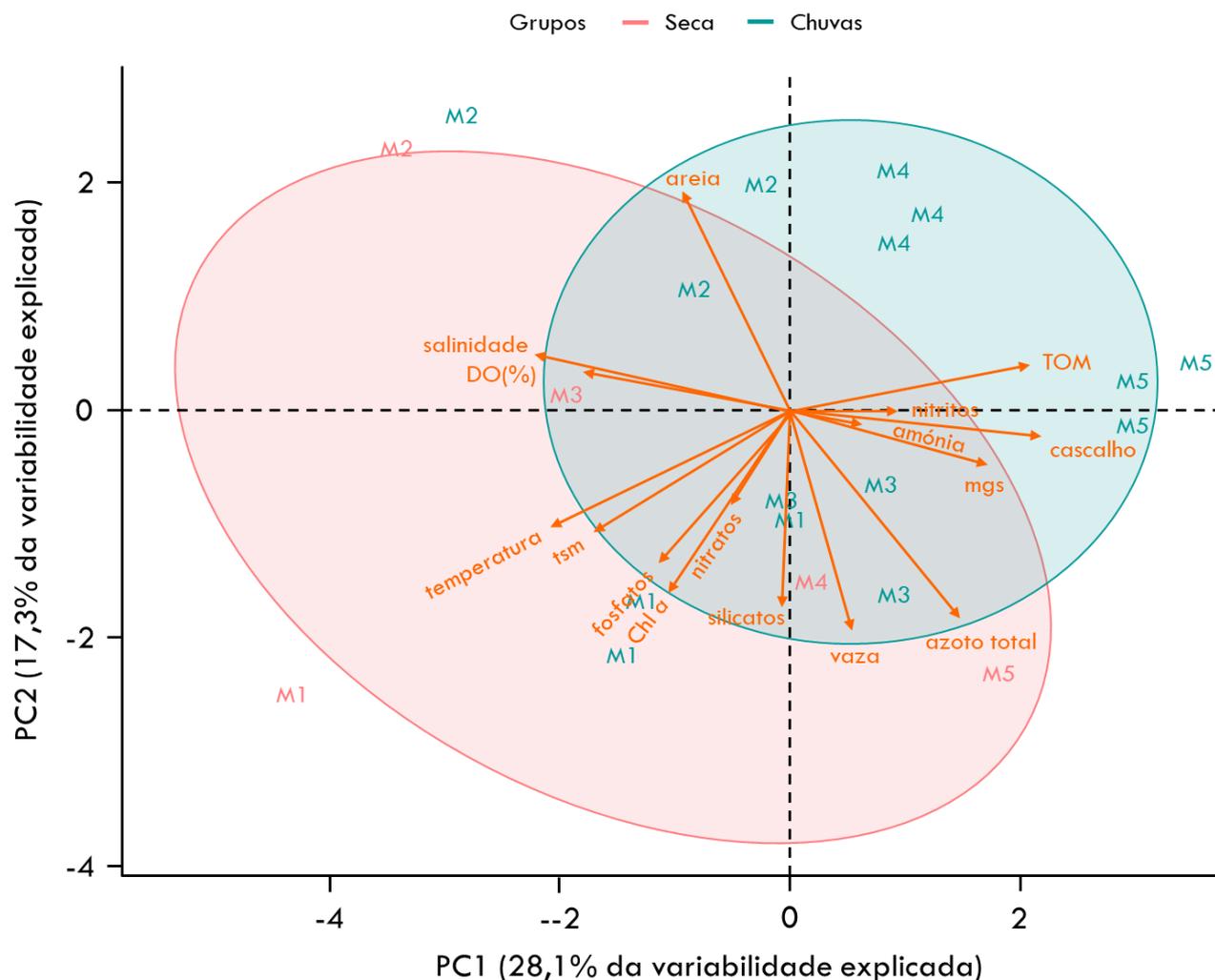


Figura 3.3. Análise de componentes Principais agrupando estações de amostragem, no mangal de Malanza, pelas suas características ambientais (vectores). Elipses demarcam o factor estação do ano, com um intervalo de confiança de 95%.

No que concerne à comunidade piscícola, no total das campanhas de 2020, foram capturados 574 indivíduos no mangal de Malanza, representados por 26 espécies (Figura 3.4a/b). Embora a diversidade seja bastante semelhante entre estações do ano, esta é ligeiramente superior na época das chuvas, assim como a riqueza específica que aumenta cerca de 20% na época das chuvas em relação à gravana. Considerando todas as campanhas de amostragem que complementam a informação recolhida no âmbito do presente projecto (2014: época das chuvas; 2017: época seca; e 2020 ambas as épocas) foram capturados 1076 indivíduos representados por 36 espécies com ocorrência nos mangais de Malanza e Praia das Conchas. Do total de espécies, apenas duas foram exclusivamente capturadas em Praia das Conchas (Tabela 3.2).

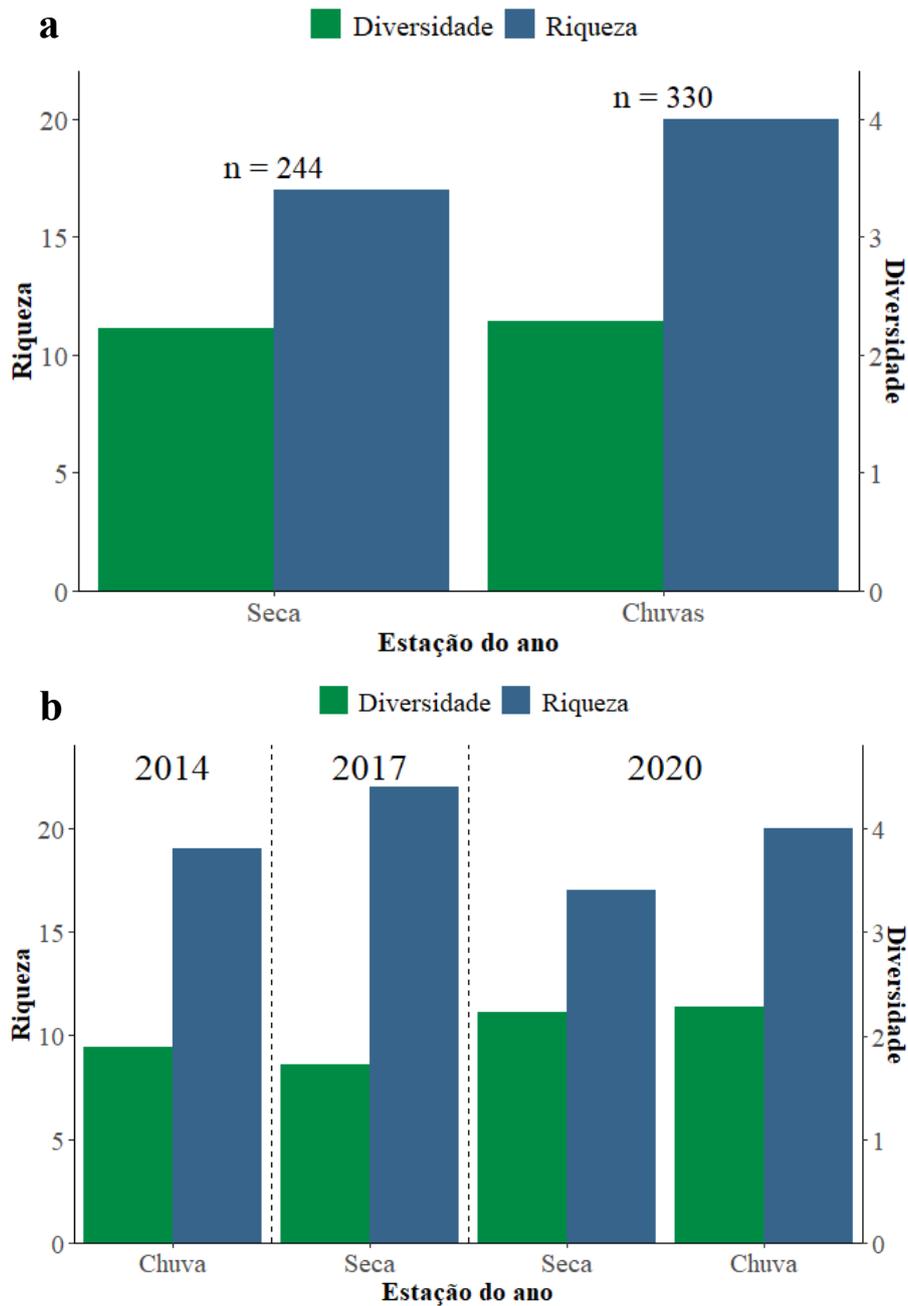


Figura 3.4. Diversidade e riqueza específica entre épocas do ano no mangal de Malanza (a), onde o valor acima das barras representa o número absoluto de indivíduos capturados por época; e considerando todas as campanhas de amostragem (b), onde o número acima representa o ano de amostragem, replicando a mesma metodologia de amostragem.

Gestão Participativa dos Mangais de Malanza e Praia das Conchas

Tabela 3.2. Lista de espécies de peixe capturados nos mangais de Malanza e Praia das Conchas, nas campanhas de amostragens de 2014, 2017 e 2020. Indicação do local de amostragem: M: Malanza; PC: Praia das Conchas; Presença do estágio do ciclo de vida e número de capturas (Juv: juvenil; Ad: Adulto; ou Ind: Indeterminado). A classificação por cor representa a sua captura em época seca (), das chuvas () e em ambas (). Realçadas a negrito encontram-se as espécies com interesse comercial.

Família	Espécie/Taxon	Nome Comum	Ano	Arte de Pesca	Local	Pontos de Amostragem	Juv.	Ad.	Ind.
Carangidae	<i>Caranx fischeri</i>	Corcovado	2014, 2020	Emalho, Tarrafa	M	M2, M3	29	0	0
Carangidae	<i>Caranx latus</i>	Olho-grosso	2017, 2020	Cana, Tarrafa, Redinha	M, PC	M3, PC1, PC2	6	0	0
Carangidae	<i>Caranx sp.</i>	Corcovado	2014, 2020	Emalho, Redinha, Tarrafa	M, PC	M2, M3, PC2, PC3	148	0	0
Cichlidae	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Papê	2014, 2017, 2020	Covo, Emalho, Redinha, Tarrafa	M, PC	M1, M4, M5, PC3, PC4	199	27	0
Clupeidae	<i>Ethmalosa fimbriata</i>	Sardinha-galucha	2020	Emalho	M	M3	0	1	0
Eleotridae	<i>Bostrychus africanus</i>	Xarroco-grande	2020	Covo	M	M2, M3, M4, M5	0	75	0
Eleotridae	<i>Dormitator lebretonis</i>	Xarroco-de-barriga-branca	2020	Covo, Emalho, Tarrafa	M	M2, M3, M5	0	0	3
Eleotridae	<i>Eleotris annobonensis</i>	Xarroco-do-golfo-da-guiné	2014, 2017, 2020	Covo, Redinha, Tarrafa	M, PC	M2, M3, M4, PC3, PC2	3	4	9
Eleotridae	<i>Eleotris vittata</i>	Xarroco-bravo	2014, 2020	Covo, Emalho, Redinha	M, PC	M1, M3, M4, M5, PC3	0	3	9
Elopidae	<i>Elops senegalensis</i>	Colepiam-malabo	2014, 2020	Emalho, Tarrafa	M	M1	0	3	0
Gerreidae	<i>Eucinostomus melanopterus</i>	Parente	2014, 2017, 2020	Camaroeiro, Cana, Covo, Redinha, Tarrafa	M	M1, M2, M3	9	6	1
Gobiidae	<i>Awaous lateristriga</i>	Xarroco-de-rio	2014, 2020	Redinha, Tarrafa	PC	PC2, PC3	0	7	39
Gobiidae	<i>Bathygobius burtoni</i>	Lagartixa-do-mar-escura	2014	Camaroeiro, Redinha	M, PC	M2, PC3	0	15	0
Gobiidae	<i>Bathygobius casamancus</i>	Lagartixa-do-mar-clara	2017	Tarrafa	M	M2	1	0	0
Gobiidae	<i>Bathygobius soporator</i>	Lagartixa-do-mar-amboré	2017, 2020	Camaroeiro, Covo, Tarrafa	M	M2	2	6	0

Gestão Participativa dos Mangais de Malanza e Praia das Conchas

Família	Espécie/Taxon	Nome Comum	Ano	Arte de Pesca	Local	Pontos de Amostragem	Juv.	Ad.	Ind.
Gobiidae	<i>Periophthalmus barbarus</i>	Cucumba	2014, 2017, 2020	Camaroeiro, Emalho, Redinha, Tarrafa	M, PC	M1, M2, PC3	3	3	0
Gobiidae	<i>Porogobius schlegelii</i>	Lagartixa-de-rio	2014	Redinha	PC	PC3	0	1	0
Haemulidae	<i>Plectorhinchus macrolepis</i>	Peixe-porco	2014, 2020	Emalho	M	M3, M4	1	9	0
Haemulidae	<i>Pomadasys jubelini</i>	Roncador	2014, 2017, 2020	Emalho, Palangre	M	M3, M4	0	8	0
Lutjanidae	<i>Lutjanus agennes</i>	Cherne	2014	Palangre	M	M3	0	1	0
Lutjanidae	<i>Lutjanus endecacanthus</i>	Corvina-preta	2014, 2020	Covo, Emalho, Redinha	M, PC	M3, M4, PC3	3	2	2
Lutjanidae	<i>Lutjanus goreensis</i>	Corvina-vermelha	2014, 2017, 2020	Camaroeiro, Cana, Covo, Emalho, Palangre	M	M2, M3	20	11	0
Megalopidae	<i>Megalops atlanticus</i>	Tainha-congo	2014, 2017, 2020	Emalho	M	M3, M4, M5	62	0	0
Monodactylidae	<i>Monodactylus sebae</i>	Cozinheiro-riscado	2014, 2017, 2020	Emalho, Tarrafa	M	M2, M3, M4	1	118	0
Mugilidae	<i>Mugil bananensis</i>	Tainha-banana	2017, 2020	Emalho, Redinha, Tarrafa	M, PC	M1, M2, M4, PC2, PC4	44	8	0
Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>	Tainha-de-cabeça-achatada	2020	Emalho	M	M3	0	1	0
Mugilidae	<i>Mugil sp.</i>	Tainha-tarrafa	2014, 2017	Camaroeiro, Redinha, Tarrafa	M, PC	M1, M2, M5, PC3	85	0	4
Mugilidae	<i>Parachelon grandisquamis</i>	Tainha-escamuda	2014, 2017, 2020	Covo, Emalho, Redinha, Tarrafa	M, PC	M1, M2, M3, M4, M5, PC2, PC3	111	15	0
Muraenidae	<i>Echidna peli</i>	Moreia-salpicada	2020	Covo	M	M3	0	1	0
Ophichthidae	<i>Dalophis cephalopeltis</i>	Cobra-concon	2014	Camaroeiro	M	M2	1	0	0
Polynemidae	<i>Galeoides decadactylus</i>	Barbudo	2014, 2017, 2020	Emalho	M	M3	0	4	0
Pomacentridae	<i>Abudefduf saxatilis</i>	Tximtxim-amarelo	2017	Covo, Tarrafa	M	M2	3	0	0

Gestão Participativa dos Mangais de Malanza e Praia das Conchas

Família	Espécie/Taxon	Nome Comum	Ano	Arte de Pesca	Local	Pontos de Amostragem	Juv.	Ad.	Ind.
Pomacentridae	<i>Abudefduf taurus</i>	Tximtxim-escuro	2017	Tarrafa	M	M3	0	0	2
Pomacentridae	<i>Stegastes imbricatus</i>	Tximtxim-preto	2017	Tarrafa	M	M3	3	0	0
Serranidae	<i>Cephalopholis nigri</i>	Bacalhau-da-pedra	2017	Tarrafa	M	M3	1	0	0
Serranidae	<i>Epinephelus adscensionis</i>	Garoupa	2020	Cana	M	M3	2	0	0
Serranidae	<i>Epinephelus aeneus</i>	Bacalhau	2017, 2020	Covo, Emalho, Palangre	M	M3, M4	4	0	0
Syngnathidae	<i>Microphis brachyurus aculeatus</i>	Agulha-buzina	2014, 2020	Redinha	M, PC	M3, PC2, PC3	3	3	0

Independentemente da estação do ano, a abordagem metodológica demonstrou consistência na captura da biodiversidade do mangal, sendo que a maioria da riqueza específica foi observada nas primeiras amostragens e as amostragens subsequentes revelaram um reduzido acréscimo de novas espécies (Figura 3.5). Para esta análise, apenas foi considerado o ano de 2020, que contou com os mesmos técnicos e com a repetição rigorosa da metodologia, o que permite a sua comparação.

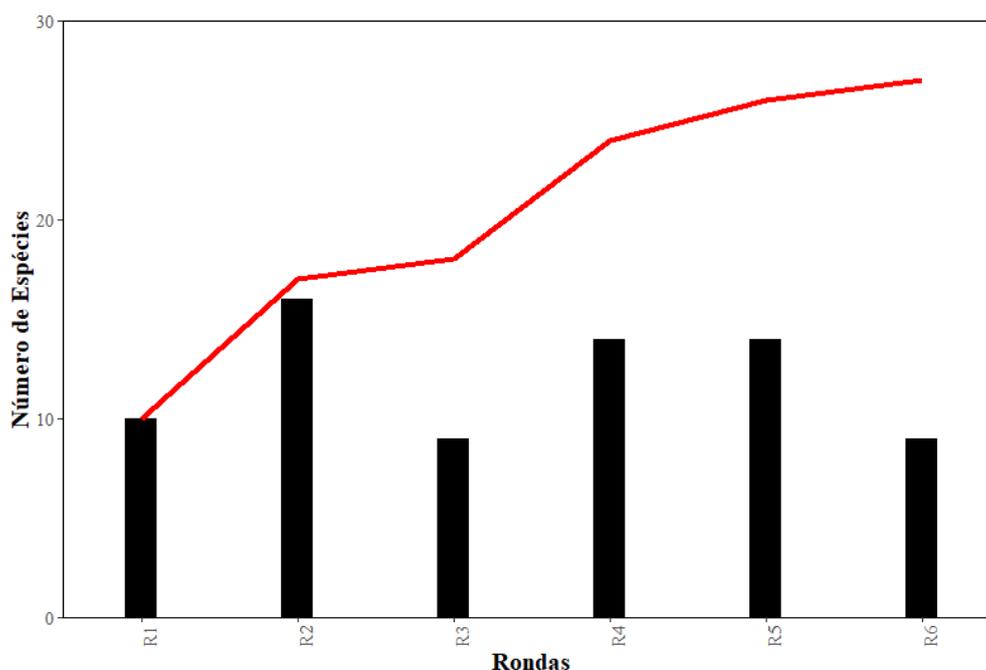


Figura 3.5. Representação da riqueza específica em cada momento de amostragem (ronda) do ano de 2020, no mangal de Malanza, com indicação do acréscimo de novas espécies encontradas.

Destas espécies, quatro estão ameaçadas, de acordo com a classificação na Lista Vermelha da IUCN (www.iucnredlist.org, acesso em Novembro de 2021): Em Perigo (*B. burtoni*); Vulnerável (*M. atlanticus*) e Quase Ameaçadas (*G. decadactylus* e *E. aeneus*). Embora existam 12 espécies com ocorrência registada em ambos os mangais, a presença destas na Praia das Conchas é temporária, uma vez que o local onde se concentram, a jusante da estrada, não está em comunicação com o mangal e as espécies não sobrevivem quando a temperatura e a salinidade aumentam. Existe estímulo ambiental para a entrada das espécies neste ecossistema, em resultado do débito de água-doce, mas o mangal apenas oferece condições para a ocorrência de espécies dulçaquícolas, sendo a única presença registada no ribeiro que aqui desagua, a tilápia.

Na avaliação da comunidade piscícola do mangal de Malanza, não se verificam diferenças significativas entre as duas épocas do ano [PERMANOVA: $P(\text{perm})=0,2332$]. Contudo, considerando os grupos ecológicos das espécies observadas nas duas principais épocas do ano, é na época das chuvas que aumenta a ocorrência de espécies estuarinas e migradoras, que encontram nesta altura condições mais estáveis, e é na época seca que a riqueza específica de visitantes marinhos aumenta (Figura 3.6). O aumento na riqueza específica por este último grupo está tipicamente relacionado com a disponibilidade alimentar (Barletta *et al.*, 2003), fase de aumento do número de espécies de juvenis e aparecimento de algumas espécies exclusivas desta época. Aliás, todas as espécies com ocorrência exclusiva na época seca são juvenis (Tabela 3.2). Este fenómeno está relacionado com a época de reprodução destas espécies, que determina o aumento do número de juvenis nos mangais, como é o caso das que têm período reprodutivo conhecido e ocorrem no mangal apenas na época seca (*C. latus*, *E. adscensionis* e *E. aeneus*). No entanto, neste período do ano há uma redução do caudal e, conseqüentemente, uma redução da área alagada (perda de habitat para juvenis, que usam as zonas vegetadas para se abrigarem). Isto cria uma oportunidade de predação, algo que se pode estender aos invertebrados, que também são presas comuns de visitantes marinhos (e.g. Primavera, 1997). Algumas espécies são também ocorrências exclusivas na época das chuvas, sejam visitantes marinhos (e.g. *E. fimbriata*, *L. agennes* ou *B. burtoni*), espécies estuarinas (e.g. *E. vittata*, *P. schlegelii*) ou migradoras (e.g. *M. cephalus*), todas em fase adulta. É grande a lacuna no conhecimento da biologia e ecologia da maioria das espécies do oeste Africano (Whitfield, 2007) e é muito provável que estas espécies em particular dependam mais de condições favoráveis nos mangais para se poderem alimentar, nomeadamente das condições lóxicas da coluna de água em épocas de maior caudal.

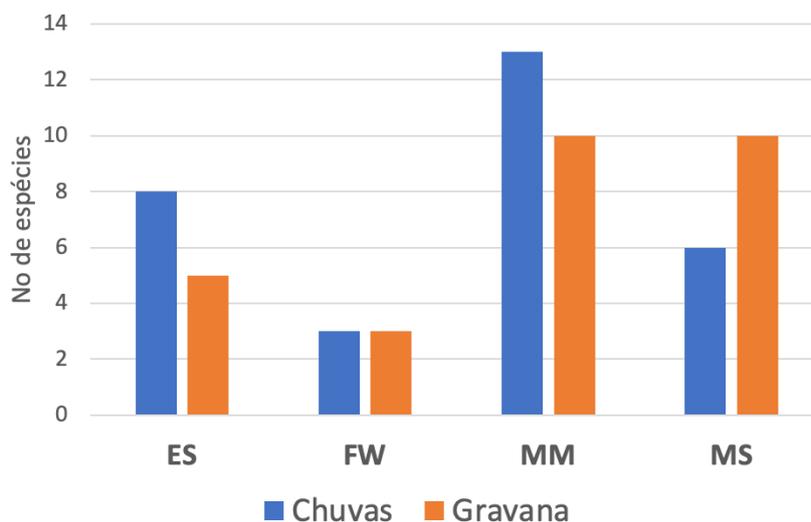


Figura 3.6. Número de espécies com ocorrência no mangal de Malanxa, em função da fenologia (ES: estuarino; FW: dulçaquícola; MM: migrador marinho; MS: visitante marinho), observadas nas duas épocas representadas, no ano de 2020.

De modo geral, no mangal de Malanxa a comunidade de peixes está representada por juvenis e adultos que fazem uso deste sistema de forma diferente (desenvolvimento, alimentação e reprodução), e cuja representação varia em função da época do ano. No caso dos juvenis essa variação mostra-se mais relevante nas espécies que usam o sistema como área de viveiro, mas os períodos reprodutivos variam entre espécies e é, precisamente, o que se verifica: uma substituição destas em função da época do ano, mas uma relativa manutenção da riqueza específica ao longo do tempo. Depois da fase de crescimento, estes indivíduos migram para a zona marinha de distribuição dos adultos para integrar a população. Nos adultos há um aumento da riqueza específica na época das chuvas (Figura 3.7), o que deverá depender da maior representação de migradores e espécies estuarinas (Figura 3.6).

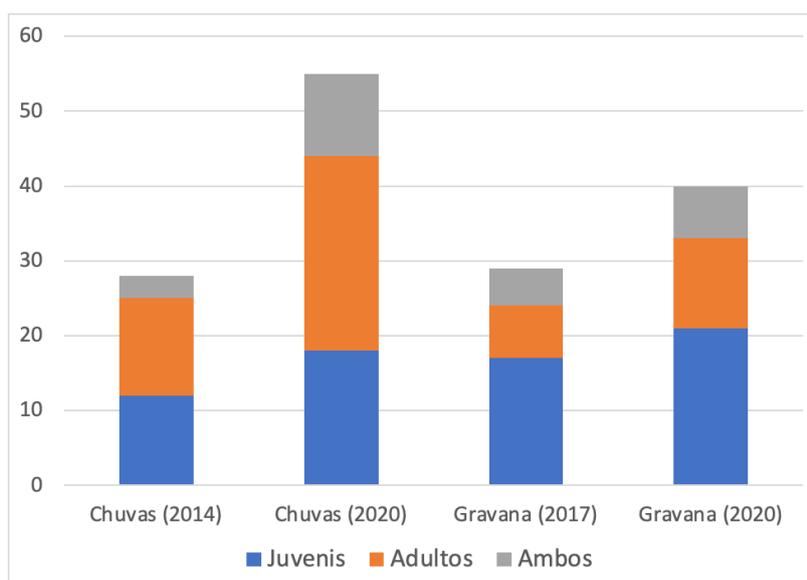


Figura 3.7. Número de espécies que ocorrem no mangal de Malanxa em cada momento de amostragem, nas fases juvenil e adulta ou com ocorrência em ambos os estádios do seu ciclo de vida.

O mangal de Malanza apresenta, assim, uma complexidade característica de sistemas salobros, funcionando como área de viveiro para juvenis, de alimentação para oportunistas marinhos e capaz de fornecer condições a espécies residentes durante todo o seu ciclo de vida. Os mangais são ecossistemas complexos, e de entre os sistemas estuarinos, são dos mais relevantes para espécies costeiras (Potter *et al.*, 2015), muitas delas dependentes de estuários para reprodução ou desenvolvimento larvar e juvenil, demonstrando que a qualidade destes habitats é relevante para várias espécies marinhas, o que inclui espécies de interesse comercial. No mangal de Malanza, várias das ocorrências são de espécies comerciais (Tabela 3.2). Destes, algumas espécies, como o género *Caranx*, surgem apenas em fase juvenil, usando o mangal como área de viveiro; a maioria está representada na fase adulta usando de forma oportunista para se alimentarem; outras, ainda que juvenis, por atingirem um tamanho de maturação tardio, como a Taíinha-congo (*M. atlanticus*), são visitantes marinhos e procuram alimentar-se; outras apenas em fase juvenil (e.g. Serranídeos) e outras ocorrem em ambas as fases do seu ciclo de vida, como no caso das corvinas (*Lutjanus* spp.).

As teias tróficas nos mangais podem ser mais ou menos complexas dependendo do tamanho, da produtividade e qualidade do habitat. No mangal de Malanza, as espécies de interesse comercial (em fase juvenil ou adulta) demonstram depender das comunidades de peixes e invertebrados. Em 2020, o único juvenil de *C. latus* com conteúdo no sistema digestivo, entre dois espécimes, apresentava duas presas de peixe ósseo. Os *E. senegalensis* capturados encontravam-se em fase adulta e apresentavam camarões e peixe ósseo (gobiídeo) como itens alimentares. A espécie *G. decadatylus*, ainda que com apenas dois indivíduos, apresentou também crustáceos e peixe, mas os primeiros eram itens compostos por camarões e caranguejos. Entre estes, identificou-se uma família de peixe, Eleotridae, duas de camarões, Peneidae e Solenoceridae, sendo que desta última estava representada por 12 indivíduos de *Solenocera africana*. O roncador, *P. jubelini*, apresentou uma dieta composta por caranguejos, camarões e peixes ósseos, mas apenas em três indivíduos. Todas as espécies referidas apresentam-se como carnívoros generalistas, mas com uma representatividade baixa em número de indivíduos. Para as restantes espécies foi possível uma análise mais detalhada e representativa da dieta destes no mangal. Para a corvina-preta, *L. endecacanthus*, que apresentou um índice de vacuidade de 25% (apenas um dos 4 indivíduos apresentava o sistema digestivo vazio), as presas mais relevantes foram peixes ósseos (essencialmente gobiídeos e eleotrídeos), seguido de caranguejos e outros crustáceos não identificados, tanto relativo ao número de presas de cada grupo (Figura 3.8), como à probabilidade de ocorrência de cada tipo de presa capturada que indica que os peixes são a presa principal (Tabela 3.3). Esta é uma espécie carnívora e corrobora o tipo de regime alimentar já reportado num outro estuário do Golfo da Guiné (Udoh & Ekpo, 2017).

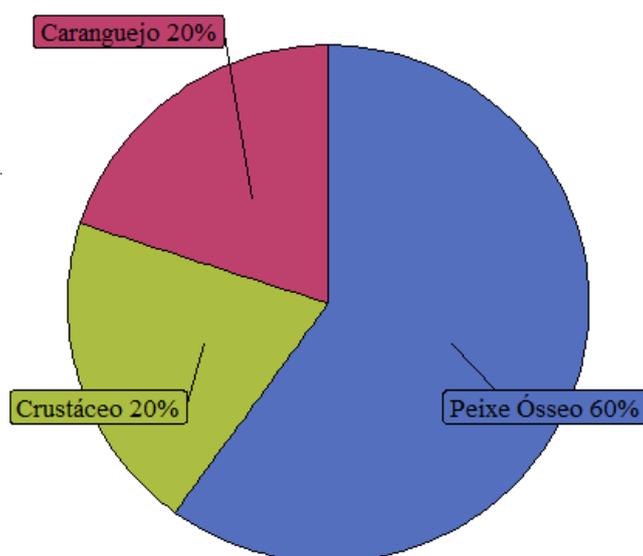


Figura 3.8. Frequência numérica das presas da espécie *Lutjanus endecacanthus*, no mangal de Malanxa.

Tabela 3.3. Frequência de ocorrência das presas das espécies de interesse comercial capturadas no mangal de Malanxa.

Espécie	Taxon	Ocorrência (%)
<i>Lutjanus endecacanthus</i>	Peixe ósseo	67%
	Caranguejo	33%
	Crustáceo	33%
<i>Lutjanus goreensis</i>	Bivalve	8%
	Camarão	33%
	Caranguejo	58%
<i>Megalops atlanticus</i>	Gastrópode	33%
	Peixe ósseo	42%
	Camarão	70%
<i>Plectorhinchus macrolepis</i>	Lagostim	5%
	Peixe ósseo	65%
	Polychaeta	5%
<i>Plectorhinchus macrolepis</i>	Bivalve	29%
	Camarão	71%
	Caranguejo	71%
	Peixe ósseo	43%

Para a corvina-vermelha, *L. goreensis* (N=17), com um coeficiente de vacuidade de 29%, demonstra uma dieta mais diversificada (Figura 3.9). Os crustáceos e peixes continuam a ter uma elevada relevância, mas há uma grande frequência de gastrópodes e crustáceos. A dieta é mais diversificada que a corvina-preta, sendo os caranguejos a presa dominante, seguido dos peixes e surgindo os bivalves como presa rara (Tabela 3.3). Os peixes identificados pertencem às famílias Gobiidae e Eleotridae, pelo que todas as presas compõem a epifauna bentónica e não existem capturas na coluna de água (de espécies pelágicas ou bentopelágicas).

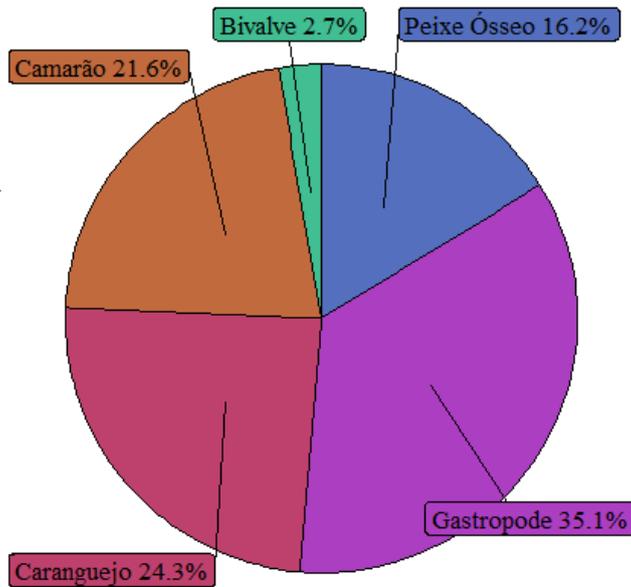


Figura 3.9. Frequência numérica das presas da espécie *Lutjanus goreensis*, no mangal de Malanza.

A tainha-congo, *M. atlanticus* (N=20), com um coeficiente de vacuidade de 10%, apresenta uma dieta carnívora com uma frequência superior de crustáceos bentônicos (relativo ao número de itens alimentares, que inclui as Famílias Oplophoridae, Caridae, Palaemonidae, Pasiphaeidae, Penaeidae, Campylonotidae, Benthescymidae, Sergestidae, Pasiphaeidae), mas os peixes ósseos são também frequentes, incluindo espécies pelágicas do género *Caranx* (Figura 3.10). Ao contrário das corvinas, a tainha-congo, tem uma dieta que inclui poliquetas, o que sugere comportamentos de forrageamento e procura de macrofauna bentónica. Este comportamento apenas recentemente foi observado em contexto estuarino (Kurth *et al.*, 2019). Nesta espécie, as presas dominantes no mangal são os camarões e os peixes (Tabela 3.3). Lagostins e poliquetas são presas raras.

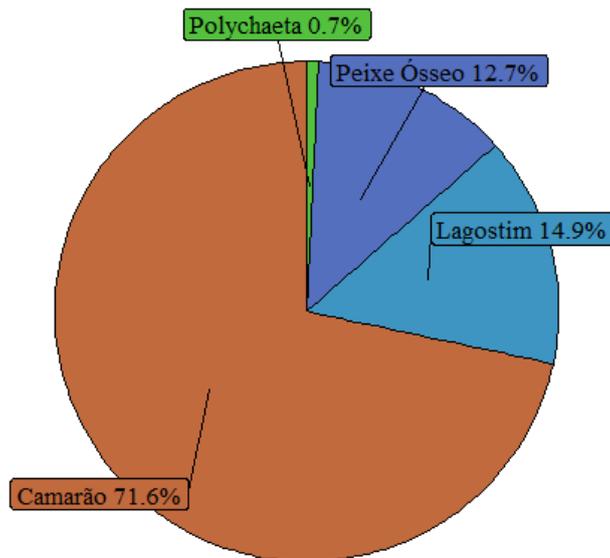


Figura 3.10. Frequência numérica das presas da espécie *Megalops atlanticus*, no mangal de Malanza.

O peixe-porco, *P. macrolepis* (N=7), com um coeficiente de vacuidade de 0%, apresenta uma dieta composta por peixes, crustáceos (dos taxa Caridea, Brachyura e Camptandriidae) e bivalves (Família Mytilidae), sendo os peixes (*Bostrychus africanus*, *Oreochromis mossambicus* e outros indivíduos não identificados) os itens alimentares mais frequentes em número (Figura 3.11), mas são os crustáceos (camarões e caranguejos) as presas dominantes (Tabela 3.3).

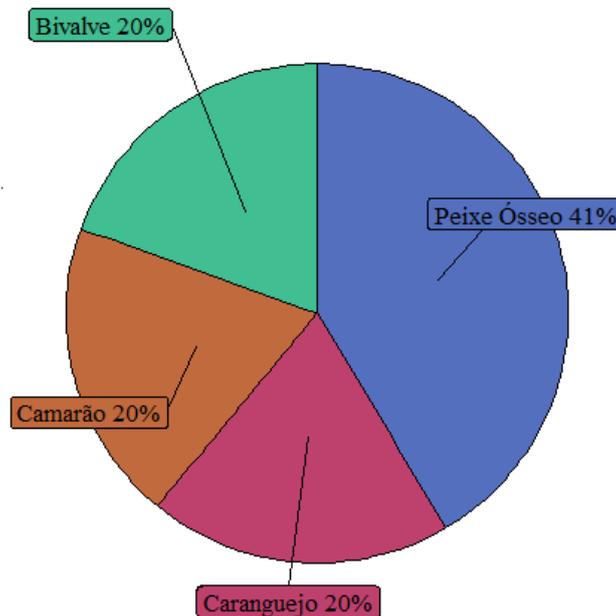


Figura 3.11. Frequência numérica das presas da espécie *Plectorhinchus macrolepis*, no mangal de Malanza.

Das espécies de interesse comercial analisadas, verifica-se que todas são carnívoras e beneficiam da diversidade piscícola e de invertebrados do mangal de Malanza. Contudo, no que concerne à diversidade da dieta, embora sejam todas generalistas, ambas as corvinas apresentam uma alimentação mais heterogênea que a tainha-congo e o peixe-porco, revelando maior oportunismo no seu comportamento alimentar (Figura 3.12).

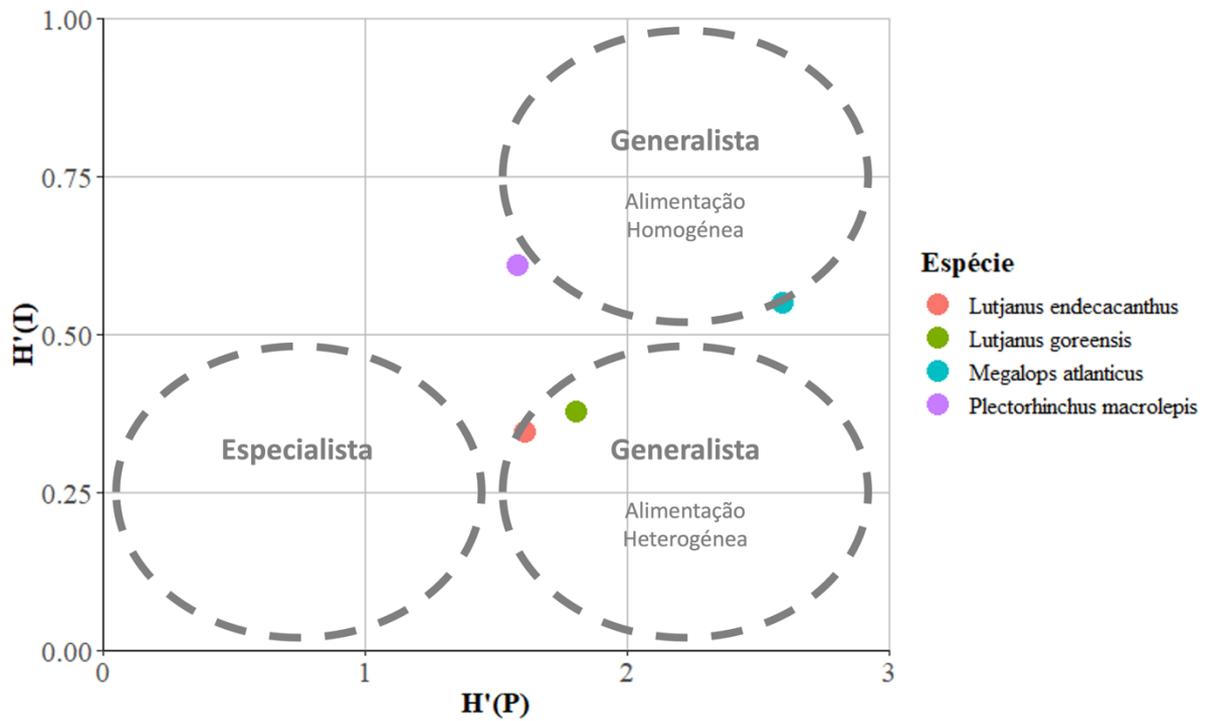


Figura 3.12. Representação gráfica do método de Tokeshi (1991) para as espécies de interesse comercial capturadas no mangal de Malanza.

A oportunidade de uma alimentação generalista é possível em comunidades biológicas diversas e equilibradas, principalmente nas áreas vegetadas destes ecossistemas, cuja dimensão está directamente relacionada com a complexidade biótica (Bloomfield & Gillanders, 2005; Whitfield, 2017), em particular para espécies carnívoras, que dependem da epifauna bentónica (Hosack *et al.*, 2006), tornando provável uma ligação directa entre as áreas vegetadas e respectiva fauna bentónica associada e a abundância de juvenis carnívoros da fauna piscícola, como é o caso em zonas de pradarias marinhas (Connolly, 1994). É comum que uma espécie generalista se torne especialista num sistema costeiro, se houver uma determinada presa em abundância que constitua uma fonte de proteína com esforço de captura mais reduzido, o que não parece ser o caso no mangal de Malanza. Uma perda de área vegetada comprometerá a qualidade e complexidade biológica do sistema, o que afectará num efeito cascata, as espécies costeiras que dependem do mangal, seja para se reproduzirem, desenvolverem ou se alimentarem.

4. STANDARDIZAÇÃO DOS NOMES COMUNS DAS ESPÉCIES QUE OCORREM NOS MANGAIS (A2.3)

Uma das dificuldades na regulamentação e comercialização de pescado prende-se com a ligação entre nomes comuns e espécies biológicas. A distinção de espécies biológicas é essencial para a gestão da pesca e pode ser feita usando nomes científicos, que seguem uma série de regras rígidas para atribuir uma única designação a cada espécie. Contudo, esta nomenclatura não é fácil de usar, pelo que muitas vezes é intermediada pelo uso de nomes comuns padronizados. Estes correspondem, sempre que possível, a nomes próximos dos nomes comuns usados localmente, mas usando convenções rígidas para garantir que a cada nome comum padronizado apenas corresponde uma espécie biológica, podendo por vezes uma mesma espécie ter vários nomes comuns padronizados (por exemplo, um para cada língua, ou quando existem diversos nomes comuns que já são frequentemente usados apenas para uma espécie). Os nomes comuns são altamente variáveis, o que dificulta a sua padronização: um nome comum corresponder a várias espécies e uma mesma espécie ter diversos nomes. Em São Tomé e Príncipe, esta realidade é agravada pela coexistência de diversas línguas (e.g.: português, forro, angolár) e variações linguísticas (e.g.: portumé), pela inexistência de escrita padronizada e por uma elevada variação regional nos nomes comuns.

Neste trabalho propomos identificar nomes comuns para as espécies de peixe e de macroinvertebrados que ocorrem nos mangais de São Tomé, tendo em conta a diversidade linguística e regional da ilha, e tendo em vista a criação de uma lista de nomes comuns padronizados para este conjunto de espécies. Propomos ainda um primeiro exercício de divulgação dos nomes comuns padronizados junto das comunidades próximas de mangais em São Tomé, que será essencial para a adoção desta nomenclatura e para promover uma melhor gestão da pesca nas imediações destes ecossistemas frágeis e ameaçados, mas importantes para diversas espécies e para a pesca.

Metodologia

Em 2020 foram realizados inquéritos estruturados, junto de três chefes de praia em São Tomé, com a ajuda de membros da equipa santomenses que têm vindo a participar nas campanhas de pesca em mangal, para facilitar o contacto e assegurar a fiabilidade dos resultados. Os chefes de praia são os responsáveis pela pesca ao longo de determinadas faixas costeiras, onde geralmente são residentes, e que são reconhecidos pelas autoridades e pelas comunidades, nomeadamente pelo seu conhecimento da região e de todas as vertentes da atividade piscatória, pelo que foram seleccionados para responder aos inquéritos pela sua idoneidade. Foram entrevistados os chefes de praia 6 (Angobó até Praia Grande), 7 (Monte

Mário Praia até São Miguel) e 11 (Draga de Fernão Dias até Plancas Praia), que incluem as zonas de mangal mais importantes da ilha, nomeadamente Praia das Conchas, São João dos Angolares, Praia Grande e Malanza (Figura 4.1).

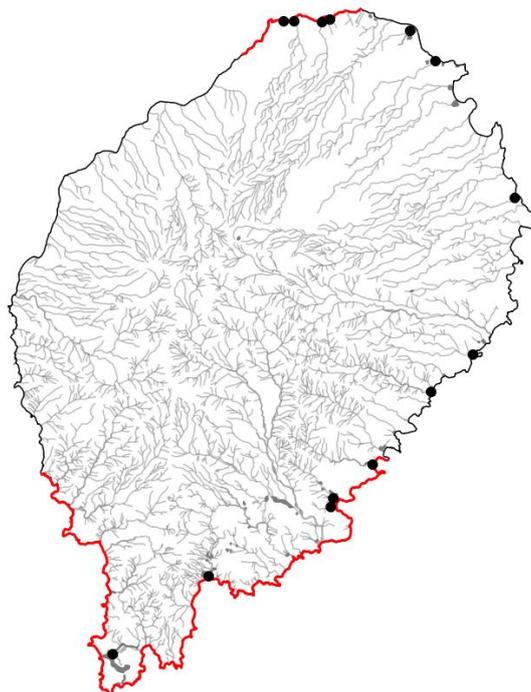


Figura 4.1. Mapa da ilha de São Tomé, ilustrando a rede hidrográfica da ilha (linhas a cinzento), bem como os mangais (círculos negros) e as linhas de costa correspondentes aos chefes de praia entrevistados (a vermelho).

Estes inquéritos consistiram numa lista de 53 espécies de peixe e 6 macroinvertebrados aquáticos (5 caranguejos e um bivalve) acompanhada de fotos, sobre as quais os entrevistados tinham que revelar se conheciam a espécie, se esta ocorria nos mangais e os diversos nomes comuns pelos quais eram conhecidos (Anexo I). A lista incluía sobretudo espécies que ocorrem em São Tomé e que ocorrem ou podem ocorrer nos mangais de São Tomé ou na sua proximidade, mas também algumas espécies marinhas, com potencial utilização dos sistemas de mangal.

Em função dos resultados dessas entrevistas, foram identificados os nomes mais comuns em portumé (variação da língua portuguesa em São Tomé), forro e angolar (duas línguas crioulas de origem portuguesa mais usadas pelas comunidades piscatórias da ilha) para cada espécie. Sempre que possível, com base nestes nomes e nos que constam do Anexo IV do Regulamento Geral do exercício das atividades das pescas e dos recursos haliêuticos na República Democrática de São Tomé e Príncipe (Decreto n.º 28/2012), foi proposta uma lista de nomes comuns padronizados para cada língua, seguindo uma grafia o mais próximo possível da do português. Estes nomes tentaram sempre que possível seguir os nomes já indicados na legislação ou os mencionados com mais frequência. Quando diversas espécies eram referidas pelo mesmo nome, procurou-se a diferenciação com base em nomes locais alternativos, em nomes atribuídos à mesma espécie noutros locais, ou em características típicas da espécie.

A partir desta lista de nomes comuns padronizados e de fotografias recolhidas durante o trabalho de campo, foi criado um poster, como ferramenta de divulgação, para ser distribuído nas comunidades mais próximas das áreas de mangal na ilha de São Tomé e outros agentes com envolvimento na utilização e gestão dos mangais (Anexo II).

Resultados

Foi atribuído um possível nome comum padronizado em portumé para todas as espécies, menos para as três que ainda foram identificadas até ao género (Tabela 4.1). Em forro e em angular já não foi possível indicar nomes comuns padronizados, uma vez que por sistema os entrevistados identificaram menos nomes nestas línguas, e ainda porque nos seria mais complicado sugerir alternativas nestas línguas.

A sobreposição de nomes comuns partilhados por várias espécies, um problema não resolvido na legislação, obrigou à criação de partículas distintivas dos nomes de 18 espécies. Em muitas outras obrigou à escolha criteriosa entre os vários nomes locais indicados pelos entrevistados e pela legislação. Este problema foi particularmente notório nos Gobiiformes, onde o nome “Xarroco” é atribuído a quase todas as espécies. No entanto o problema estendeu-se a muitos outros grupos (e.g.: Anguiliformes, Carangidae, Lutjanidae, Pomacentridae, Serranidae), inclusivamente alguns com poucas espécies. Frequentemente esta falta de diversidade nos nomes comuns não está relacionado com a dificuldade em pescadores ou outros utilizadores do mangal distinguirem as espécies, mas sim na ausência ou reduzido interesse comercial destas.

Este exercício de criação de nomes comuns padronizados focado nos mangais sugere a necessidade de rever os nomes comuns propostos na legislação a nível nacional, nomeadamente por ter tornado evidente a necessidade de incluir muitas espécies que ainda não estão listadas, algumas das quais de valor comercial ou que são frequentemente pescadas com outros objectivos (e.g.: lúdico, desportivo, isco). Também fica evidente a necessidade de alargar esta lista a outros grupos que não os peixes, e de adotar nomes comuns padronizados únicos, uma vez que alguns são usados para espécies distintas. Com este fim, aconselhamos a utilização de uma metodologia próxima à aqui descrita, por forma a criar nomes comuns padronizados únicos para cada espécie, mas que sejam ao mesmo tempo o mais próximos possível dos nomes já utilizados em São Tomé. Tendo em vista este último ponto, aconselhamos ainda a uma recolha alargada a diferentes membros das comunidades, para assegurar a captura da diversidade de nomes comuns em uso na ilha, diferenciando os nomes existentes nas diferentes línguas.

Por último, alertamos para que a lista de nomes comuns padronizados aqui partilhada é provisória. A sua adoção só deve ser feita após consulta com as comunidades e autoridades locais, para discussão, melhoria e validação.

Tabela 4.1. Lista de nomes comuns padronizados, focada sobretudo em espécies que ocorrem nos mangais de São Tomé (potencial ou confirmada). É indicado o nome científico, bem como a ordem e a família a que pertencem segundo a WoRMS (<http://www.marinespecies.org/>). São também indicados os nomes que constam do Decreto n.º 28/2012 e finalmente os nomes comuns padronizados propostos em portumé, forro e angolar.

Ordem	Família	Nome científico	Decreto n.º 28/2012	Portumé	Forro	Angolar
Ovalentaria/misc	Pomacentridae	<i>Abudefduf saxatilis</i>	Tchintchin	Tximtxim-amarelo		
Ovalentaria/misc	Pomacentridae	<i>Abudefduf taurus</i>		Tximtxim-escuro		
Albuliformes	Albulidae	<i>Albula goreensis</i>	Colepíam Malabo	Peixe-osso		
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Awaous lateristriga</i>		Xarroco-de-rio		
Tetraodontiformes	Balistidae	<i>Balistes capriscus</i>	Asno	Asno	Pixi-asno	Ázunu
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Bathygobius burtoni</i>		Lagartixa-do-mar-escuro		
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Bathygobius casamancus</i>		Lagartixa-do-mar-clara		
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Bathygobius soporator</i>		Lagartixa-do-mar-amboré		
Gobiiformes	Butidae	<i>Bostrychus africanus</i>		Xarroco-grande	Xtlocô-nglandji	
Carangiformes	Carangidae	<i>Caranx crysos</i>	Bonito	Bonito		
Carangiformes	Carangidae	<i>Caranx fischeri</i>		Corcovado		
Carangiformes	Carangidae	<i>Caranx hippos</i>	Corcovado	Ossó-mole		
Carangiformes	Carangidae	<i>Caranx latus</i>		Olho-grosso		Lóvózu
Perciformes	Serranidae	<i>Cephalopholis nigri</i>	Cota uê/Cota oyô	Bacalhau-da-pedra		Colobo
Anguilliformes	Ophichthidae	<i>Dalophis cephalopeltis</i>	Moreia	Cobra-concon	Cobló-fundo	Quiongo-concon
Gobiiformes	Eleotridae	<i>Dormitator lebretonis</i>		Xarroco-de-barriga-branca		Sôco-bega-ziaru
Acanthuriformes	Drepaneidae	<i>Drepane africana</i>	Cozinheiro	Cozinheiro-branco		
Anguilliformes	Muraenidae	<i>Echidna peli</i>	Moreia	Moreia-salpicada	Cobló-d'omali	Quiongo-mionga
Gobiiformes	Eleotridae	<i>Eleotrideo A</i>				
Gobiiformes	Eleotridae	<i>Eleotris annobonensis</i>		Xarroco-do-golfo-da-guiné		
Gobiiformes	Eleotridae	<i>Eleotris vittata</i>		Xarroco-bravo	Xtloco-blabo	
Elopiformes	Elopidae	<i>Elops senegalensis</i>	Colepinhã Balabo	Colepíam-malabo	Colepiã-malábu	
Perciformes	Serranidae	<i>Epinephelus adscensionis</i>	Garoupa	Garoupa		
Perciformes	Serranidae	<i>Epinephelus aeneus</i>	Bacalhau	Bacalhau	Bacaiá	Bacaiou
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Ethmalosa fimbriata</i>		Sardinha-galucha		
Eupercaria/misc	Gerreidae	<i>Eucinostomus melanopterus</i>	Parente	Parente	Palentxi	
Scombriformes	Scombridae	<i>Euthynnus alletteratus</i>	Fulu fulu	Sintra	Fulo-fulo-batido	Fulo-fulo-sintra
Carangaria/misc	Polynemidae	<i>Galeoides decadactylus</i>	Barbudo	Barbudo	Blábudo	Bábudo
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Gobídeo A</i>				
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Gobídeo B</i>				
Anguilliformes	Muraenidae	<i>Gymnothorax mareei</i>		Moreia-de-boca-malhada		
Centrarchiformes	Kyphosidae	<i>Kyphosus incisor</i>	Sopa	Sopa	Sopa	Sopa
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	<i>Lagocephalus laevigatus</i>	Coelho	Coelho-ananá	Cuê-nanaji	

Gestão Participativa dos Mangais de Malanza e Praia das Conchas

Eupercaria/misc	Lutjanidae	<i>Lutjanus agennes</i>		Cherne	Covina-pleto	Marianguéni
Eupercaria/misc	Lutjanidae	<i>Lutjanus endecacanthus</i>		Corvina-preta	Covina-pleto	
Eupercaria/misc	Lutjanidae	<i>Lutjanus goreensis</i>	Vermelho terra	Corvina-vermelha		Corvina-borou
Elopiformes	Megalopidae	<i>Megalops atlanticus</i>		Tainha-congo	Tenha-congo	Méfoi
Syngathiformes	Syngnathidae	<i>Microphis brachyurus aculeatus</i>		Agulha-buzina	Guia-bujina	Nguia
Eupercaria/misc	Monodactylidae	<i>Monodactylus sebae</i>		Cozinheiro-riscado	Son-cluso	
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil bananensis</i>		Tainha-banana		
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>	Tainha	Tainha-de-cabeça-achatada	Tenha-asa-vlemê	Ténha-aza-borou
Cichliformes	Cichlidae	<i>Oreochromis mossambicus</i>		Papê	Papê	Papê
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Parachelon grandisquamis</i>		Tainha-escamuda		
Gobiiformes	Oxudercidae	<i>Periophthalmus barbarus</i>		Cucumba	Cucumba	Cucumba
Eupercaria/misc	Haemulidae	<i>Plectorhinchus macrolepis</i>		Peixe-porco	Pixi-ploco	Quiqui-pouco
Eupercaria/misc	Haemulidae	<i>Pomadasys jubelini</i>	Roncador	Roncador	Loncadoulo	Loncarou
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Porogobius schlegelii</i>		Lagartixa-de-rio		
Eupercaria/misc	Sciaenidae	<i>Pseudotolithus senegallus</i>	Roncador	Peixe-galinha	Pixi-nganhá	
Carcharhiniformes	Carcharhinidae	<i>Rhizoprionodon acutus</i>	Tubarão	Tubarão-bobo	Tublon-tonton	Ngandou-tera
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Sardinella aurita</i>	Longo	Longo	Sandjá-longô	
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Sardinella rouxi</i> *	Sardinha-caça	Sardinha-caça	Sandjá	
Scombriformes	Scombridae	<i>Scomberomorus tritor</i>	Peixe serra	Peixe-serra	Pixi-séla	Quiqui-séra
Carangiformes	Carangidae	<i>Selene dorsalis</i>	Pata pata	Pampolim	Pampolê	Pampolê
Carangaria/misc	Sphyraenidae	<i>Sphyraena guachancho</i>	Pescada	Pescada	Alixóti	Arixóti
Ovalentaria/misc	Pomacentridae	<i>Stegastes imbricatus</i>		Tximtxim-preto	Txim-txim-pletu	
Carangiformes	Carangidae	<i>Trachinotus ovatus</i>	Bebeca	Bebeca		
Arcida	Arcidae	<i>Senilia senilis</i>		Babanca		
Decapoda	Gecarcinidae	<i>Johngarthia weileri</i>		Claqui	Claqui	
Decapoda	Portunidae	<i>Callinectes</i> sp.		Navalha	Anca-mole	
Decapoda	Gecarcinidae	<i>Cardisoma armatum</i>		Babo	Anca-pelo	Pena-pena
Decapoda	Panopeidae	<i>Panopeus</i> sp.		Navalha-preta	Anca-tempo	
Decapoda	Ocypodidae	<i>Afruca tangeri</i>		Caranguejo-bombei	Anca-blanco	

O poster (Anexo II), foi elaborado apenas com as espécies confirmadas em mangais de São Tomé, por observação directa, em campanhas de amostragem da equipa (Capítulos 1 e 3). Este documento representa a comunidade piscícola dos mangais e é uma primeira ferramenta de divulgação para estas espécies, que deverá ser distribuído pelas comunidades, gestores e outras partes interessadas. A sua leitura simplificada permite ainda que seja utilizado como ferramenta de sensibilização junto diversos grupos sociais, nomeadamente dos jovens, em escolas, com o objectivo de promover a conservação destes sistemas salobros, através do reconhecimento e manutenção das suas comunidades biológicas.

5. IDENTIFICAÇÃO DOS NÍVEIS DE SUSTENTABILIDADE PARA OS RECURSOS A SER EXPLORADOS NO MANGAL (A2.4)

De forma geral, são escassos os dados sobre as práticas de exploração dos recursos naturais nos mangais, especialmente em zonas menos monitorizadas como em São Tomé. A ausência desta informação pode desencadear a sobre-exploração dos recursos, sem nunca se considerar a sustentabilidades dos mesmos. As visitas e realização de amostragens nos mangais de São Tomé no âmbito dos projectos realizados anteriormente (2014 e 2017) permitiram perceber que alguns invertebrados dos sistemas de mangal são recolhidos para consumo próprio e para venda (Pisoni *et al.*, 2015). No entanto, no âmbito desses trabalhos não foi possível quantificar a abundância desses recursos nem perceber a sua importância para as comunidades locais, pelo que foi proposta essa avaliação. Quanto à exploração dos recursos piscícolas, com base nos estudos descritos nos capítulos 1 e 3 do presente relatório, verifica-se que a tipologia predominante da comunidade (proporção de juvenis, abundância das espécies com interesse comercial e presença de espécies com estatuto de conservação) não permite uma exploração sustentável dos mesmos, pelo que não é aconselhada. Assim, este capítulo centra-se na comunidade de invertebrados.

Metodologia

De forma a identificar e quantificar os recursos que são explorados pelas comunidades locais, foi elaborado um inquérito direccionado aos chefes de praia com competências nas áreas zonas de mangal estudadas e reconhecida idoneidade (Anexo III) (Figura 5.1). Estes inquéritos foram realizados com o apoio de elementos da Oikos, de modo a facilitar a abordagem e as questões da linguagem utilizada. A primeira questão colocada dizia respeito ao nome comum pelo qual as espécies em causa são conhecidas, com o apoio de registos fotográficos que foram exibidos aos inquiridos. Com esta questão pretendeu-se perceber se as mesmas espécies são identificadas com nomes diferentes em diferentes sistemas de mangal e listar esses nomes. Com as restantes questões pretendeu-se perceber quais as espécies de invertebrados que são apanhadas em cada local, qual a frequência com que essa apanha é feita e em que quantidades, por forma a poder avaliar a importância de cada uma. Foram realizadas questões adicionais à população local no mangal de Malanza, especificamente direccionadas à apanha de *Senilia senilis*, um bivalve localmente designado por babanca.



Figura 5.1. Realização de inquéritos sobre as espécies de invertebrados potencialmente exploradas, junto dos chefes de praia de São Tomé e Príncipe, em Novembro de 2020.

Estas questões visaram conhecer as áreas de distribuição de babanica, com base no conhecimento empírico local sobre a espécie e planear a campanha de amostragem a realizar para determinação da abundância desta espécie. Segundo os locais, a espécie encontra-se presente numa pequena lagoa que se forma a montante da ponte que une Vila Malanza e Porto Alegre.

Tendo em conta a dimensão da referida lagoa, esta foi, primeiramente, dividida em 6 áreas (Figura 5.2) e a captura dos indivíduos realizou-se, em cada área, com recurso ao revolvimento dos sedimentos através de pisoteio durante, aproximadamente, 15 minutos por duas pessoas em simultâneo. Em cada uma das áreas, foi contabilizado o número de indivíduos capturados naquele período de tempo.

A amostragem das espécies de invertebrados, em particular os crustáceos decápodes, foi ainda obtida através da captura acessória com as redes de emalhar e armadilhados usadas para a captura de espécies piscícolas (Capítulo 1).

Após a captura, cada indivíduo foi devidamente medido e conservado em álcool a 96°, para subsequente análise.



Figura 5.2. Identificação das seis áreas definidas para amostragem de *Senilia senilis* no mangal de Malanza, em Novembro de 2020.

Resultados

Inquéritos

Os inquéritos realizados junto dos chefes de praia em cada sistema de mangal, para perceber a importância de algumas espécies de invertebrados enquanto recurso explorável, indicaram diferenças entre os sistemas distintos para as espécies exploradas e a sua importância. Antes do mais, a nomenclatura utilizada para designar os nomes das espécies é diversa, com a mesma espécie a ter designações distintas entre sistemas e mesmo em cada sistema (Tabela 5.1). Essa diversidade deverá estar relacionada com o facto de serem faladas várias línguas crioulas em São Tomé, nomeadamente o forro, angolar e crioulo de Cabo Verde. A título de exemplo, o bivalve *Senilia senilis*, explorada em vários países da costa ocidental africana, em Angola, um país onde se falam línguas afins ao angolar, como o quimbundo, tem o nome comum de mabanga, muito semelhante ao babanca de São Tomé (Faria *et al.*, 2021). De uma forma geral, todas as espécies foram reconhecidas nos diferentes sistemas de mangal, exceto a navalha-preta ou anca-tempo, que não foi reconhecida em Angolares.

Quando inquiridos sobre os usos que fazem dos invertebrados apresentados durante os inquéritos, as respostas foram igualmente diversas entre sistemas, sendo o Malanza o mangal onde são dados mais usos aos invertebrados (Figura 5.3), muito possivelmente por ser o de maior dimensão. O uso como isca foi o mais indicado para as diferentes espécies e sistemas, seguido da apanha para consumo, havendo apenas dois inquéritos que referem a venda de

babanca e claqui (*Johngarthia cf weileri*) em Angolares. Algumas das espécies não são usadas em alguns dos sistemas.

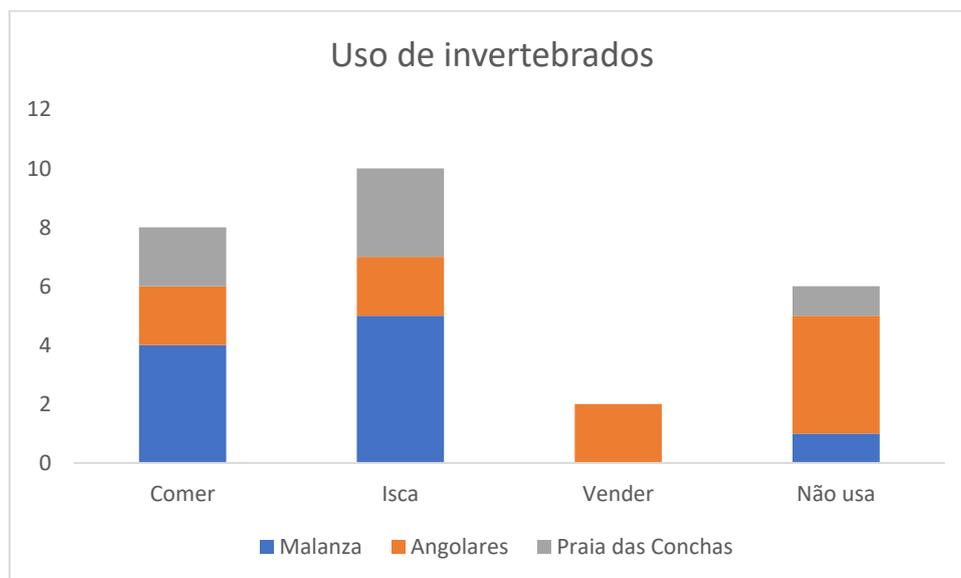


Figura 5.3. Diferentes usos indicados pelos inquiridos para as espécies de invertebrados nos diferentes sistemas de mangal em São Tomé (expresso em número de respostas).

Relativamente à pergunta relacionada com o local onde as espécies são capturadas as respostas também são bastante diversas, apontando para o uso de diferentes designações para locais que poderão ser comuns (e.g. no mato e no mangal). Estas respostas mostram ainda algum desconhecimento dos inquiridos sobre os limites entre os vários ecossistemas (e.g. rio e mangal), tal como foi identificado por Afonso *et al.* (2022), no âmbito dos inquéritos realizados junto da população local sobre os serviços prestados pelos ecossistemas de mangal. Estes autores concluíram que grande parte da população tem dificuldade em reconhecer o mangal como um ecossistema distinto e não identificam uma grande parte dos serviços dos ecossistemas providenciados por estes sistemas. No entanto, os inquiridos mostram possuir um bom conhecimento sobre os habitats onde vivem as diferentes espécies, tendo separado claramente as espécies de caranguejos dos sistemas aquáticos (e.g. *Callinectes* spp. e *Panopeus* sp.) e das espécies terrestres (e.g. *Cardisoma armatum*) Em relação à frequência com as espécies são apanhadas, em Malanza é indicada a apanha durante todo o ano da maioria das espécies, enquanto que em Angolares a maioria das espécies é apanhada com pouca frequência e na Praia das Conchas quando as mesmas são necessárias, sem indicação de uma frequência concreta. Os pescadores do Malanza indicam que apanham grandes quantidades de claqui, que usam para isca, de navalha, em relação à qual também apontam que causa elevados danos nas redes de pesca.

As restantes espécies são pouco ou nada apanhadas em todos os sistemas e na Praia das Conchas é apontado que são as crianças a apanhar anca (Tabela 5.1).

Gestão Participativa dos Mangais de Malanza e Praia das Conchas

Tabela 5.1. Respostas obtidas às questões colocadas aos chefes de praia dos diferentes sistemas de mangal de São Tomé, no âmbito de um inquérito realizado em novembro de 2020.

Espécie	Local	Qual o nome pelo qual é conhecido?	É apanhado para comer/vender?	Onde é apanhado?	É apanhado muitas vezes?	Apanham muito ou pouco?
<i>Johngarthia cf weileri</i> 	Malanza	Caranguejo, claqui	Para comer e vender para isca	Praias de areia, à noite vem do mar para terra	Poucas vezes, para festas	Muito para isca, 60-70 indivíduos de cada vez
	Angolares Praia das Conchas	Claqui Anca	Comer/vender/iscar Iscar	No mato No mar	Algumas vezes Quando é necessário	Muito Pouco, são mais as crianças que apanham
<i>Senilia senilis</i> 	Malanza	Babanca	Para comer e vender para isca	No mangal, também existe no mar mas é difícil apanhar	Ano inteiro quando é necessário	Pouco
	Angolares Praia das Conchas	Ostra Conchinha. Bende-mecha	Comer/vender/iscar Iscar	No mangal Praia	Pouco Quando é necessário	Depende da quantidade necessária Pouco
<i>Callinectes spp.</i> 	Malanza	Navalha	Para comer e para isca	Rio, mangal e mar	Ano inteiro	Em grandes quantidades destrói muitas redes
	Angolares Praia das Conchas	Anca-mole Anca, Anca-tempo	Nada Comer	No rio e no mangal No rio	Pouco Quando é necessário	Pouco Pouco, são mais as crianças que apanham
<i>Cardisoma armatum</i> 	Malanza	Caranguejo, Babo	Só para isca	Em terra, nas margens de rios e do mangal	Aprece o ano inteiro mas não apanham sempre	Aparece muito
	Angolares Praia das Conchas	Anca-pelo, Pena-pena Anca, Anca-jiba, Anca-cabelo	Nada Nada	No rio e mangal No rio e lama(estuários)	Nada Quase nunca apanham	Nada Pouco
<i>Panopeus sp.</i> 	Malanza	Navalha-preta	Algumas pessoas comem, para iscar	Mar e mangal, não nos rios	Ano inteiro	Apanham mas não fazem nada, devolvem
	Angolares Praia das Conchas	Não conhece Anca-tempo	Comer	Rio e mar	Quando é necessário	Pouco
<i>Afruca tangeri</i> 	Malanza	Caranguejo-bombeí	Não	Mangal e na foz dos rios	Ano inteiro	Aparece muito mas é devolvido
	Angolares Praia das Conchas	Anca-ioio Anca, Anca-blanco	Nada Iscar	No rio e mangal Rio e mar	Nada Quase nunca apanham	Nada Pouco

Amostragens

Senilia senilis

As amostragens do bivalve babanca (*Senilia senilis*) no mangal de Malanza resultaram na captura de um total de 15 indivíduos, nas áreas localizadas mais a montante da secção lagunar, nomeadamente os setores 3, 5 e 6, numa área de cerca de 10.000 m² (Figura 5.2). O comprimento total dos exemplares variou entre os 40 e os 97 mm, sendo a classe dimensional mais bem representada a que incluía exemplares entre os 70 e 79 mm (Figura 5.4).

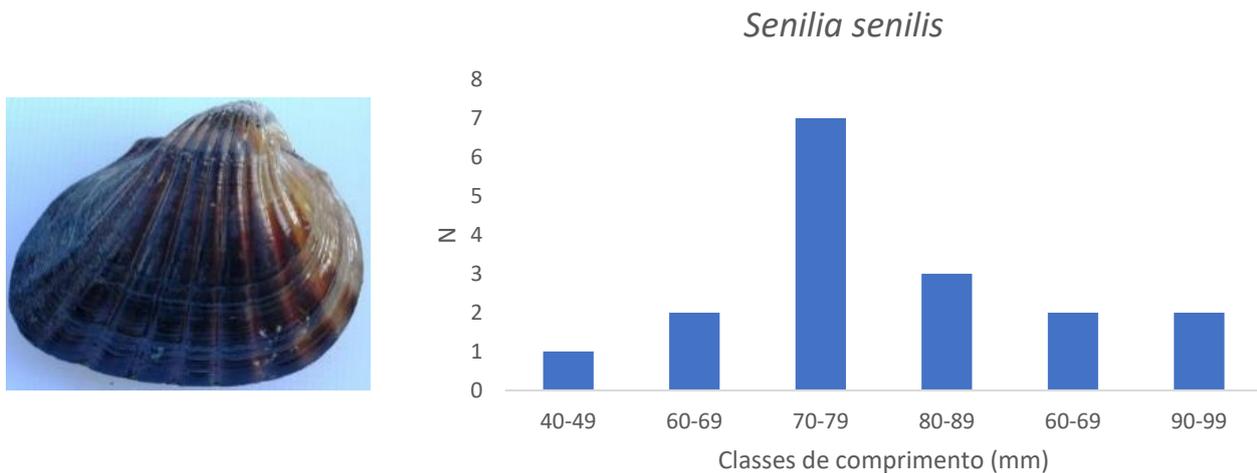


Figura 5.4. Estrutura dimensional da população de *Senilia senilis* amostrada no mangal de Malanza em novembro de 2020.

A *S. senilis* é uma espécie típica dos sistemas salobros (mangais) dos países da costa Oeste Africana, desde a Mauritânia a Angola, em fundos vasosos e arenosos, tolerando elevadas variações de salinidade (Olivier & Cosel, 1992). Apesar de poder atingir elevadas densidades (23-53 indivíduos/m²), como foi verificado no Banc d'Arguin, Mauritânia (Wolff *et al.*, 1987), a sua elevada exploração sem qualquer regulamentação requer a implementação de medidas de gestão, tais como a definição de um tamanho mínimo de captura (Rice, 2011). Wolff *et al.* (1987) recolheram amostras deste bivalve, cujo comprimento máximo variava entre os 45 e os 83 mm, tendo der Geest *et al.* (2019) indicado um comprimento máximo de 81,7 mm no mesmo local. Joiris & Azokwu (1999) recolheram exemplares entre os 22 e os 93 mm na Nigéria e Otchere (2020) registou exemplares entre os 16 e os 64 mm no Gana, tendo determinado que a idade destes variava entre 1 e 7 anos de idade. As dimensões dos exemplares recolhidos no mangal do Malanza, comparativamente aqueles estudos, indicam a presença de uma população bem estruturada, apesar de muito pouco abundante. À luz que é apontado por Rice (2011) para uma pesca sustentável desta espécie em Angola, deveria ser estabelecido um tamanho mínimo de captura de 25 mm, uma vez que esta espécie atinge a maturação sexual entre os 18 e os 20 mm (Yankson, 1982). Os exemplares recolhidos no mangal de Malanza possuíam todos um tamanho superior a esse e excediam o tamanho máximo detectado noutros sistemas de mangal da costa Oeste de África, parecendo indicar que esta população não estará sobre-explorada. No entanto, o reduzido número de exemplares requer cautela na sua

exploração, até se conseguir efectuar uma amostragem representativa da abundância e estrutura dimensional da população. Isso não foi possível nas amostragens realizadas em 2020 devido à falta do equipamento necessário para fazer esse levantamento em áreas subtidais (e.g. uma ganchorra manual).

Decapoda

Num esforço total de pesca de 342 horas com armadilhas (24 armadilhas) e redes de emalhar, foram capturados um total de 71 exemplares de decápodes (caranguejos), a maioria dos quais (40%) pertencentes ao género *Guinearma*, 36% de espécies do género *Callinectes* e 22% de outras espécies não identificadas (Figura 5.5). A maioria dos exemplares foi capturada com as armadilhas colocadas no mangal de Malanza.

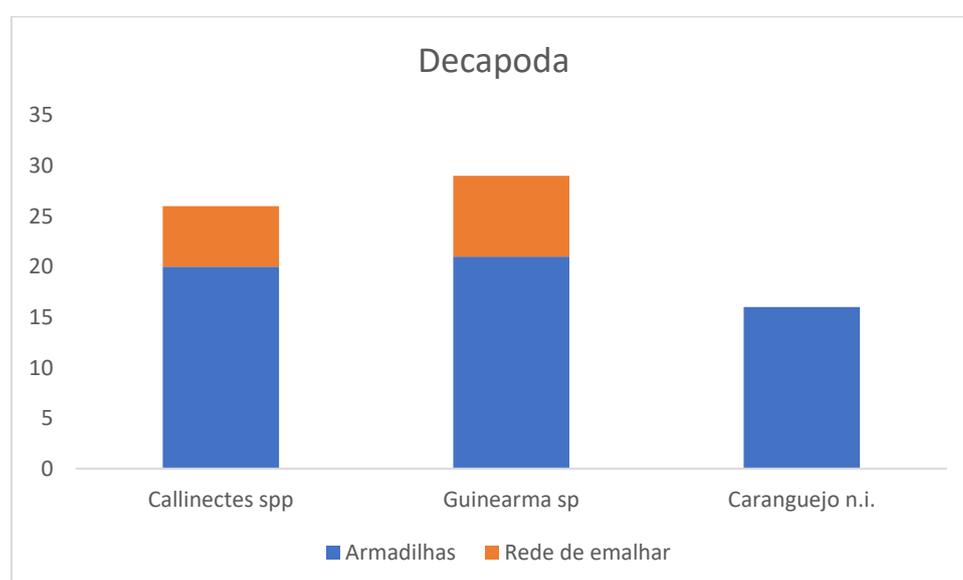


Figura 5.5. Números de exemplares das espécies de decápodes capturados com armadilhas e redes de emalhar no mangal de Malanza em Novembro de 2020.

As observações morfológicas parecem apontar para a presença de duas ou três espécies do género *Callinectes*, sendo necessário efectuar análises moleculares no sentido de fazer a identificação genética das espécies, uma vez que *Callinectes marginatus* tem uma distribuição referenciada para toda a costa Oeste africana, incluindo ocorrências registadas para São Tomé e Príncipe (Manning & Holthuis, 1981) e *Callinectes amnicola* e *Callinectes pallidus*, apesar de não estarem referenciados para São Tomé, têm igualmente uma distribuição geográfica indicada para os sistemas costeiros e estuarinos de toda a costa Oeste africana, incluindo Angola (Clottide-Ba *et al.*, 1997; Manning & Holthuis, 1981).

As espécies deste género (*Callinectes* spp) são comumente designadas por navalha foram capturados exemplares entre os 27 e 140 mm de comprimento, sendo a classe mais representada a dos 130-139 mm (Figura 5.6). Os indivíduos de menores dimensões (<100 mm) foram capturados unicamente nas armadilhas.

Estas dimensões indicam uma população bem estruturada, no sentido em que a maioria dos indivíduos tem um comprimento total superior ao encontrado em outros locais da área de distribuição deste género, nomeadamente para *C. marginatus*, para o qual são indicados comprimentos máximos de 97 mm (Manning & Holthuis, 1981), e *C. amnicola*, espécie para a qual foram indicados comprimentos máximos de 116,2 mm (Dessouassi *et al.*, 2018), 126,5 mm (Manning & Holthuis, 1981) e 148 mm (Olugbenga & Oloko, 2013). A menor representatividade de tamanhos intermédios poderá estar relacionada com a capturabilidade da espécie em função das artes de pesca usadas, contudo, as classes de maior tamanho, principal alvo de captura, estão bem representadas. Dessouassi *et al.* (2018) indicam ainda que o tamanho de maturação de *C. amnicola* ocorre a partir dos 63 mm, indicando que a população do mangal de Malanza não estará em risco de sobre-exploração.

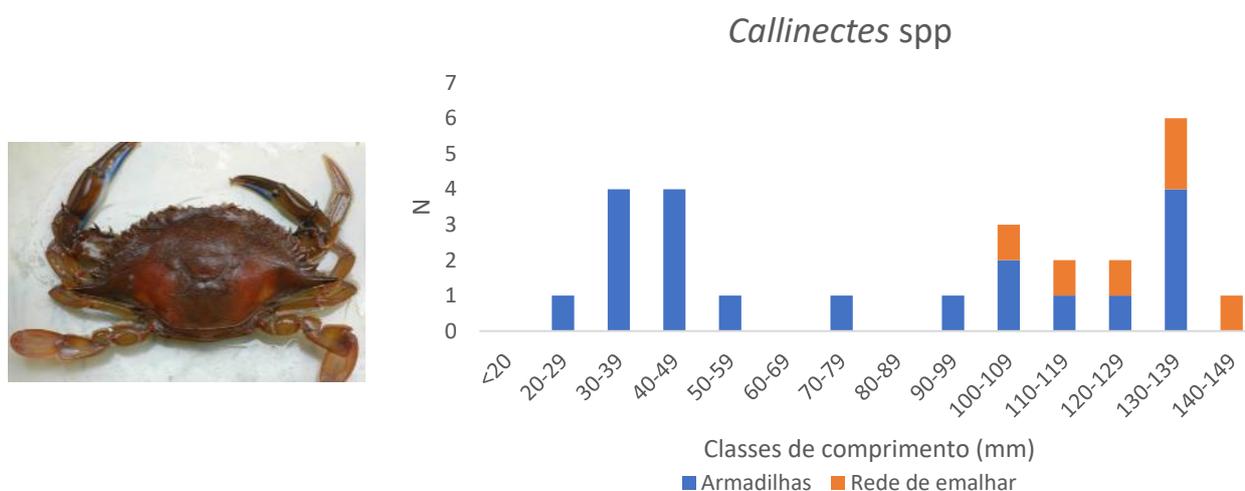


Figura 5.6. Estrutura dimensional da população de *Callinectes* spp. amostrada no mangal de Malanza em Novembro de 2020.

Relativamente ao outro género amostrado passivamente nas artes usadas para a captura da ictiofauna, *Guinearma* sp., não foi identificado como uma espécie potencialmente explorada, sendo eventualmente usada como isco. Apesar da identificação da(s) espécie(s) que ocorre(m) em São Tomé depender ainda da realização de análises moleculares, entre as espécies mais comuns na costa Oeste de África estão a *Guinearma huzardi*, *Guinearma alberti* e *Guinearma kamermani*. Para estas espécies foram apontadas por Manning & Holthuis (1981) observações de exemplares de *G. huzardi* entre os 12 e os 37 mm, tendo aqueles autores indicado a ocorrência de fêmeas ovígeras entre os 19 e os 27 mm. De acordo com estes dados, as observações efectuadas no mangal de Malanza apontam para a presença de uma população bem estruturada, com a captura de indivíduos com um comprimento total que variou entre os 9 e os 43 mm (Figura 5.7).

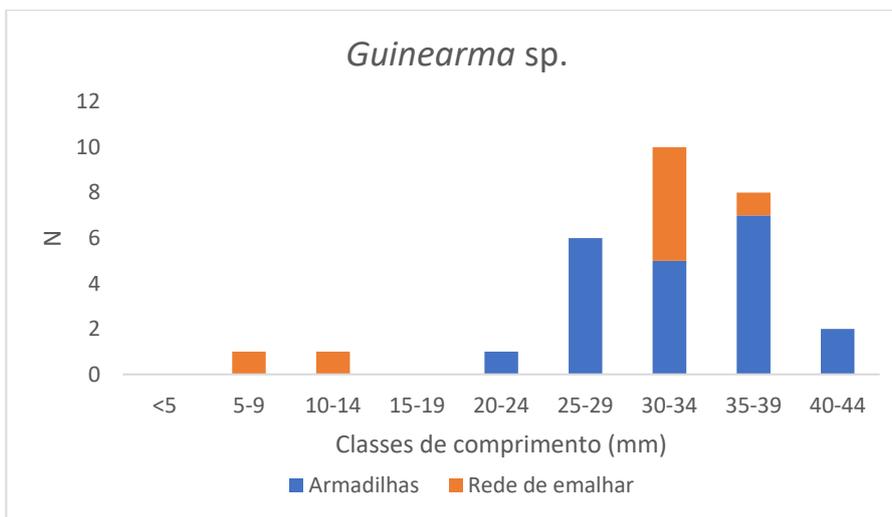


Figura 5.7. Estrutura dimensional da população de *Guinearma* sp. amostrada no mangal de Malanxa em Novembro de 2020.

Os resultados obtidos através dos inquéritos e das amostragens de espécies potencialmente exploradas mostraram que não parece haver uma exploração intensiva direccionada para os invertebrados, sendo alguns recolhidos pontualmente para venda (e.g. *Senilia senilis*), os restantes são capturas ocasionais, para responder a necessidades específicas (e.g. uso para isca). No entanto, a reduzida dimensão destes sistemas de mangal e a especificidade de algumas destas espécies relativamente a sistemas de transição, tornam as mesmas particularmente vulneráveis a uma captura não regrada. Por exemplo, apesar de apresentar uma boa estrutura populacional, com indivíduos adultos relativamente abundantes a babanca, *Senilia senilis*, apresentou uma abundância total baixa, sendo por isso vulnerável a uma elevada captura direccionada, caso venha a haver procura. Estes dados apontam para a necessidade uma estimativa mais detalhada da abundância da espécie no mangal de Malanxa, recorrendo a métodos mais eficientes para a amostragem subtidal, mas assegurando a devolução dos exemplares capturados.

6. ESTUDO DETALHADO E RECOMENDAÇÕES RELATIVAMENTE AOS IMPACTES DA PONTE EN2 SOBRE A DINÂMICA DO MANGAL DE MALANZA E DAS PONTES DE PRAIA DAS CONCHAS E PRAIA QUINZE NA DINÂMICA DO MANGAL DE PRAIA DAS CONCHAS (A2.5)

Esta tarefa teve como objectivo avaliar o impacte da ponte EN2 sobre a hidrodinâmica do Mangal de Malanza e contribuir para avaliar soluções que possam promover a melhoria da conectividade entre os habitats de mangal e marinho. Para cumprir este objectivo, caracterizou-se: i) a maré oceânica e a maré lagunar no Mangal de Malanza, através da análise dos dados maregráficos disponíveis e adquiridos no âmbito deste trabalho, assim como da aplicação de modelos analíticos simplificados que permitiram caracterizar a hidrodinâmica do canal de ligação entre o mar e o mangal e avaliar os efeitos de eventuais alterações na conectividade entre os dois sistemas; ii) a sedimentação potencialmente provocada pela existência da ponte, através da recolha de duas sondagens na laguna do mangal de Malanza; e iii) a variação dos principais parâmetros de qualidade da água nos mangais de Malanza e Praia da Conchas. Por fim, foi feita uma análise integrada, considerando os aspectos desde a geomorfologia até às questões sócio-económicas, que resultou na proposta de dois cenários futuros, com as respectivas recomendações.

Metodologia

Maré Oceânica

Para caracterizar a maré oceânica foram utilizados os dados do marégrafo localizado na baía de Ana Chaves (latitude = 00° 20.9'N, longitude = 06° 44.2'E). O marégrafo foi instalado no âmbito dos programas de investigação climática (TOGA, WOCE, CLIVAR), mantido entre 1997 e 2010 pelo projecto PIRATA (Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic) (https://www.brest.ird.fr/pirata/sao_tome.php). Os dados utilizados neste trabalho correspondem ao período compreendido entre 2004-08-28 e 2010-07-12 e foram descarregados do site da University of Hawaii Sea Level Center (UHSLC - <https://uhslc.soest.hawaii.edu/>). Os dados mais antigos (anteriores a 2004) apesar de também estarem disponíveis referem-se a um sistema de referência diferente não tendo, por isso, sido utilizados. A maré astronómica foi caracterizada através da realização de análise harmónica sobre os dados do marégrafo, tendo sido determinadas as constantes harmónicas para cada constituinte, através da aplicação UTide (Codiga, 2011), na sua versão em Python (<https://github.com/wesleybowman/UTide>).

O tipo de maré foi determinado através do número de forma (F), que relaciona as amplitudes das principais componentes diurnas (K1 e O1) e semi-diurnas (M2 e S2), de acordo com a equação seguinte (Pugh, 1987):

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2}$$

Maré Lagunar

A maré lagunar foi caracterizada a partir da medição com transdutores de pressão colocados na laguna, em três campanhas: novembro de 2020, abril de 2021 (Figuras 6.1 e 6.3) e julho de 2021 (Figura 6.3). Nas campanhas de novembro de 2020 e abril de 2021 os transdutores de pressão foram colocados a montante e jusante da ponte para registo de um ciclo de maré oceânica e de um ciclo de maré lagunar, permitindo comparar os níveis e duração da maré em ambos os locais e caracterizar a respectiva assimetria. Na campanha de julho de 2021, o transdutor foi colocado apenas a montante da ponte.



Figura 6.1. Colocação dos transdutores de pressão em Malanza. A. Vista geral dos afloramentos rochosos ocorrentes na praia e local onde o transdutor foi colocado (retângulo azul); B. Pormenor do local de colocação do transdutor; C. Vista geral do mangal e local onde o transdutor foi colocado; D. Modelo de transdutor utilizado.

A fim de obter os parâmetros necessários para modelar a maré no mangal, em abril de 2021 foi efectuada a observação do estado da estrutura e medição de diversos parâmetros na ponte de Malanza – largura, altura e comprimento das comportas N e S a montante e a jusante (Figura 6.2); altura da coluna de água no pico da vazante oceânica; medição da corrente de vazante e de enchente nas comportas com recurso a flutuadores.



Figura 6.2. Medição de diversos parâmetros na ponte de Malanza.

Sondagens

A recolha de sedimentos do mangal de Malanza foi efectuada em profundidade na campanha de novembro de 2020 com o auxílio de tubos de PVC com diâmetro de 10 cm, cravados manualmente (localização na Figura 6.3). O comprimento da coluna sedimentar amostrada variou entre 46 cm (Malanza 3) e 68 cm (Malanza 4). Na campanha de abril de 2021 foi recolhida mais uma sondagem com tubo de PVC de pequeno diâmetro (3 cm) com comprimento de 1 m (Malanza 3C).

Para facilidade de transporte das sondagens, foi removida a água do interior dos tubos de PVC. Todo o material foi devidamente referenciado com a designação da sondagem, metragem e indicação do topo e da base. O objectivo desta amostragem é estudar em laboratório a sedimentação que ocorreu nos mangais ao longo do tempo, para calcular taxas de sedimentação e caracterizar a evolução destes ambientes no intervalo temporal compreendido em cada sondagem.

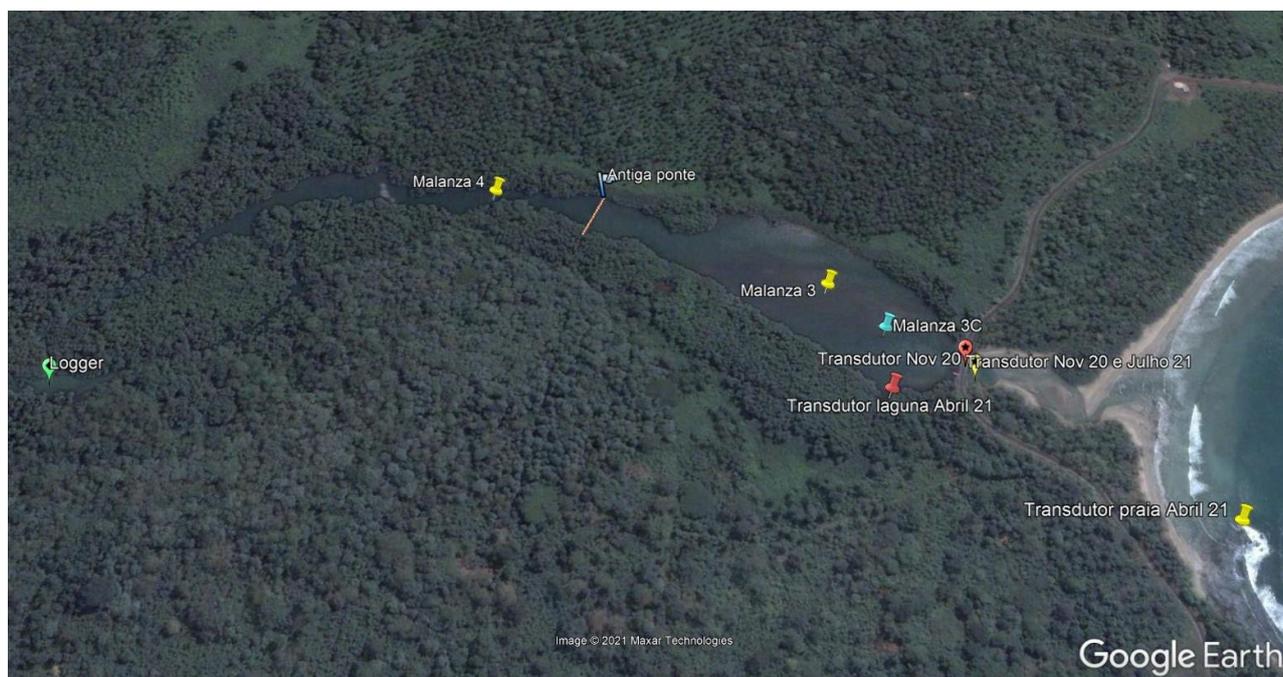


Figura 6.3. Localização dos pontos de amostragem/medição no mangal de Malanıza: i) dos sedimentos, nas estações 3, 3C e 4; ii) dos transdutores; e iii) do *data logger* para medição em contínuo.

No laboratório, os tubos foram abertos em mesa de corte e o sedimento cortado longitudinalmente em duas metades, fotografado, descrito visualmente efectuou-se a medição da susceptibilidade magnética (com sensor MS2E *surface scanning sensor Magnetic susceptibility meter*, que está acoplado a um medidor MS2 *Magnetic susceptibility meter* da Bartington Instruments). De seguida, foram obtidas subamostras de 2 em 2 cm, as quais foram liofilizadas (liofilizador lishin Lab Co FD5515) para secagem. As subamostras foram usadas para caracterização da textura (separação das frações > e < que 63 μm , por crivagem por via húmida), teor de matéria orgânica (por queima na mufla), carbonato de cálcio (pelo método gasométrico com calcímetro da Eijkelkamp), pH (Consort SP10T) em Malanıza 3 e Malanıza 4 e conteúdo em nanólitos calcários e outros microbioclastos (em Malanıza 3) por observação ao microscópio petrográfico Olympus BX40-pol, com ampliação x1250. Em Malanıza 3C foi efectuada radiografia e o corescan da sondagem com o equipamento GEOTEK-MSCL-XCT nas instalações do IPMA-Tavira.

Parâmetros Ambientais

A cada ronda de amostragem e para cada estação, foi utilizada uma sonda multiparamétrica (YSI II) para medições de superfície de temperatura, condutividade, pH e oxigénio dissolvido, conforme descrito no Capítulo 2. A salinidade foi derivada das medições de condutividade e temperatura. Em cada local de amostragem do mangal Malanıza, estes parâmetros foram também medidos ao longo da coluna de água, de meio em meio metro, de forma a avaliar a sua estrutura vertical. Estas medições não foram realizadas nos outros mangais devido à não existência de condições, uma vez que a coluna de água não tinha profundidade suficiente. Em

cada estação foram ainda recolhidas amostras de água para análise da concentração de nutrientes (amónia, nitrito, nitrato, azoto total, fosfato, fósforo total, silicato) e clorofila *a*, conforme descrito no Capítulo 2. Adicionalmente, foi também colocada, no mangal de Malanza (0°02'39.6"N; 6°31'25.9"E; Figura 6.3), uma sonda (*logger*) de medição em contínuo para os parâmetros temperatura e salinidade. Esta sonda esteve em funcionamento desde Janeiro 2020 a Abril 2021, com uma falha nas medições entre Julho e Novembro 2020.

Resultados

Caracterização da Maré Oceânica e Lagunar

Os dados maregráficos respeitantes à maré oceânica (estação de Ana Chaves) são apresentados na Figura 6.4.

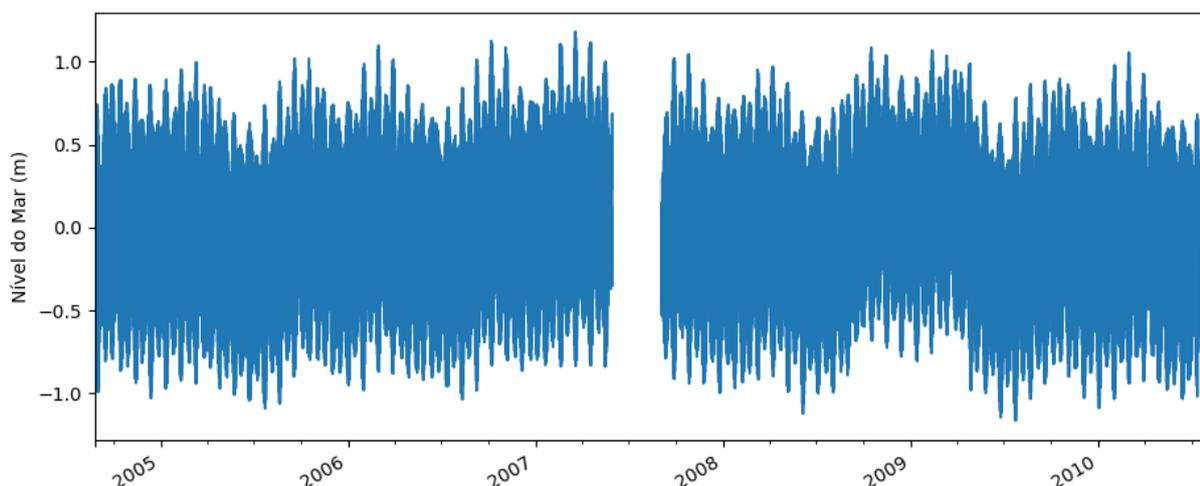


Figura 6.4. Dados maregráficos da estação de Ana Chaves utilizados na caracterização da maré oceânica da ilha São Tomé (referidos ao nível médio do período 2004-2010).

Através da análise harmónica foram determinadas 68 constituintes harmónicas, estando a amplitude relativa às principais constituintes representada na tabela 1. Os resultados são concordantes com os obtidos por Giardino et al. (2011) para o mesmo mareógrafo. De acordo com o fator de forma ($F = 0,22$), a maré é do tipo semidiurna.

A aplicabilidade do modelo de maré desenvolvido para o litoral de Malanza foi avaliada utilizando os registos dos transdutores de pressão *Level Troll* colocados na zona imediatamente a jusante da ponte (Novembro de 2020) e na praia de Malanza (Abril de 2021) (Felix et al., 2021).

Tabela 6.1 Amplitude das principais constituintes harmónicas

Constituinte	Amplitude (m)
M2	0.50
S2	0.18
K1	0.12
N2	0.10
SA	0.08
K2	0.06
SSA	0.05

Como não foi possível fazer a referenciação vertical dos transdutores, as alturas de maré foram ajustadas minimizando os desvios verticais entre as duas séries de dados. A comparação dos dados medidos *in situ* e o modelo de previsão desenvolvido revelou uma elevada concordância, quer na amplitude, quer na fase da maré (Figura 6.5). Naturalmente, na campanha de novembro de 2020, como o transdutor foi colocado muito perto da ponte, no canal de ligação entre a laguna e o mar, o nível observado na baixa-mar está desfasado da maré oceânica, apresentando um valor muito mais elevado do que em mar aberto.

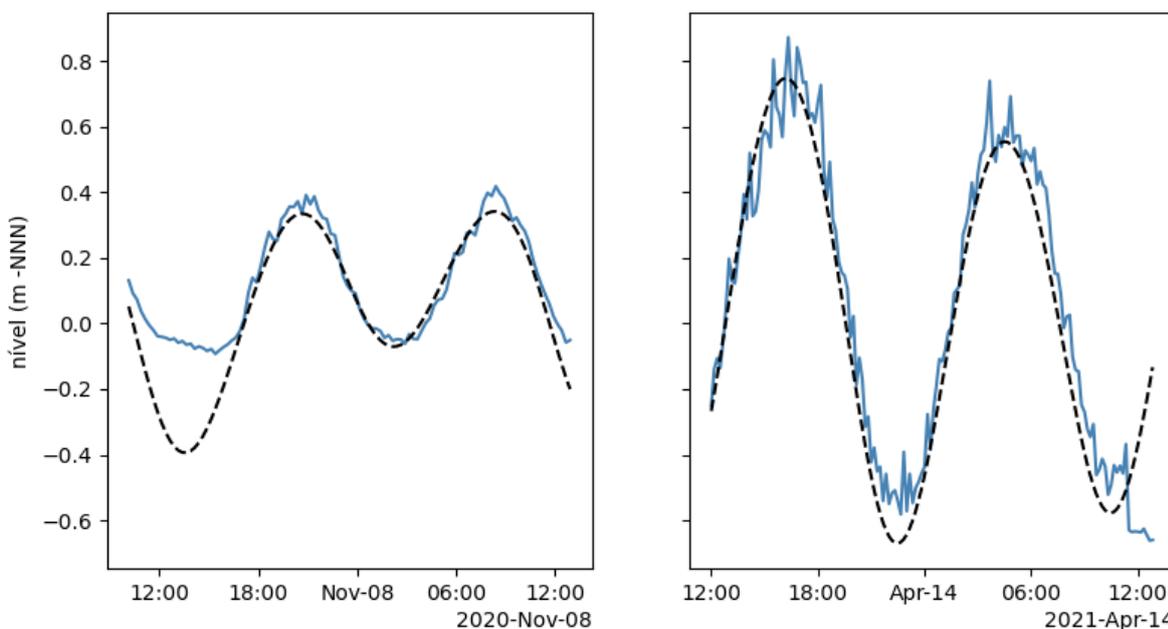


Figura 6.5. Comparação entre a maré prevista (curva a tracejado) e observada (curva a cheio) nas duas campanhas efectuadas.

Os níveis da maré lagunar medidos nas três campanhas estão representados na Figura 6.6. Verifica-se que, relativamente à maré oceânica, a maré dentro da laguna apresenta forte redução na amplitude e um atraso na fase também significativo. A curva de maré lagunar apresenta uma assimetria evidente com a enchente a apresentar uma menor duração relativamente à vazante. Como não foi possível fazer a referenciação vertical dos transdutores, assumiu-se que os níveis de maré lagunar e oceânica se intersetavam nas estofas (preia-mar e

baixa-mar) da maré lagunar. Para a campanha de julho de 2021 este ajuste foi efectuado com a maré oceânica teórica (não representada). Naturalmente, devido à assimetria da maré lagunar estas duas condições não se conseguem verificar simultaneamente, tendo-se optado por fazer uma aproximação que minimizasse visualmente os desvios.

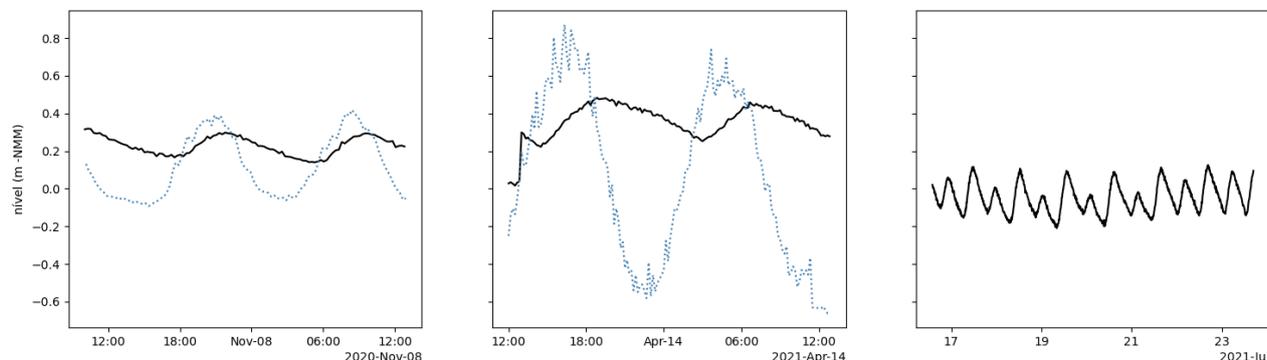


Figura 6.6. Representação da maré lagunar (curva a cheio) nas três campanhas de observação. Nas campanhas onde também foi observada a maré oceânica esta está representada pela curva azul a ponteadado. De notar que o eixo horizontal (tempo) é diferente nos três gráficos.

O conjunto dos resultados obtidos pelos transdutores permite concluir que o sistema lagunar do mangal de Malanza é um sistema fortemente condicionado pela presença da ponte que o limita a jusante e que restringe as trocas de água com o mar, provocando uma redução muito significativa da amplitude da maré oceânica (em cerca de 75%). Os dados da maré na laguna mostram ainda que este é um sistema dominado pela enchente (com duração aproximada de 4 horas).

Modelação da maré lagunar

Para poder antecipar o efeito de potenciais alterações no constrangimento determinado pela ponte no comportamento da maré lagunar foi desenvolvido um modelo de maré. Este modelo foi desenvolvido e validado com as informações que representam as condições atuais (situação de referência) e aplicado ao estudo de diferentes cenários de intervenção na ponte.

Situação de referência

O escoamento em barras de maré ou condutas de ligação entre o mar e a laguna é, em grande medida, causado pela diferença do nível da água entre o oceano e a laguna. No caso presente, pretende-se avaliar os efeitos que as características do canal de ligação (em particular a área transversal de entrada) têm na amplitude e o desfaseamento de fase da maré na laguna em relação à maré no oceano. Uma aproximação simples para descrever e interpretar o escoamento considera a aplicação das equações unidimensionais do movimento e da continuidade, cuja solução pode ser encontrada recorrendo à aproximação de Keulegan

(1967). Esta aproximação assume que o canal apresenta uma secção prismática, que a laguna possui uma margem vertical, as variações de nível são uniformes na laguna e não existe escoamento de origem fluvial.

Na aproximação de Keulagan (1967) é definido o parâmetro de repleção K dado por:

$$K = \frac{TA_{avg}}{2\pi A_b} \sqrt{\frac{2g}{a_0 \left[k_{en} + k_{ex} + \frac{fL}{4R} \right]}}$$

onde A_{avg} é secção média do canal, T o período da maré, A_b a área da laguna, g a aceleração da gravidade, a_0 a amplitude da maré oceânica, k_{en} o coeficiente de perda de carga na entrada, k_{ex} o coeficiente de perda de carga na saída, L o comprimento do canal e R o raio hidráulico.

Utilizando as características geométricas simplificadas dos dois canais de ligação entre a laguna e o mar ($A_{avg} = 1,3 \text{ m}^2$; $L = 5 \text{ m}$; e $R = 0,9$), a área da laguna estimada ($180\,000 \text{ m}^2$), os valores estimados para os coeficientes de perda de carga e de atrito ($k_{en} = 0,3$, $k_{ex} = 1,0$ e $f = 0,06$) e as características da constituinte semidiurna da maré ($T = 44700$ e $a_0 = 0,50$), obteve-se um coeficiente de Keulagan de 0,25.

Considerando o valor do coeficiente de Keulagan obtido, e as soluções gráficas disponibilizadas em Dean e Dalrymple (2002), comparou-se a curva da maré na laguna observada durante a campanha de julho de 2021 com a curva de maré prevista (Figura 6.7). Os resultados obtidos mostram que o modelo representa de forma bastante satisfatória a variação da amplitude e da fase ao longo de todo o período de observação. As diferenças mais relevantes entre as observações e simulações relacionam-se com a incapacidade em simular os efeitos não lineares que condicionam a assimetria do nível de maré na laguna. Durante os trabalhos de campo, verificou-se que o aterro da estrada apresenta alguma permeabilidade, o que também contribui para as trocas de água entre a laguna e oceano. No entanto, uma estimativa do caudal associado a esta permeabilidade indica que este é claramente inferior a 10% do caudal que atravessa as duas condutas em funcionamento.

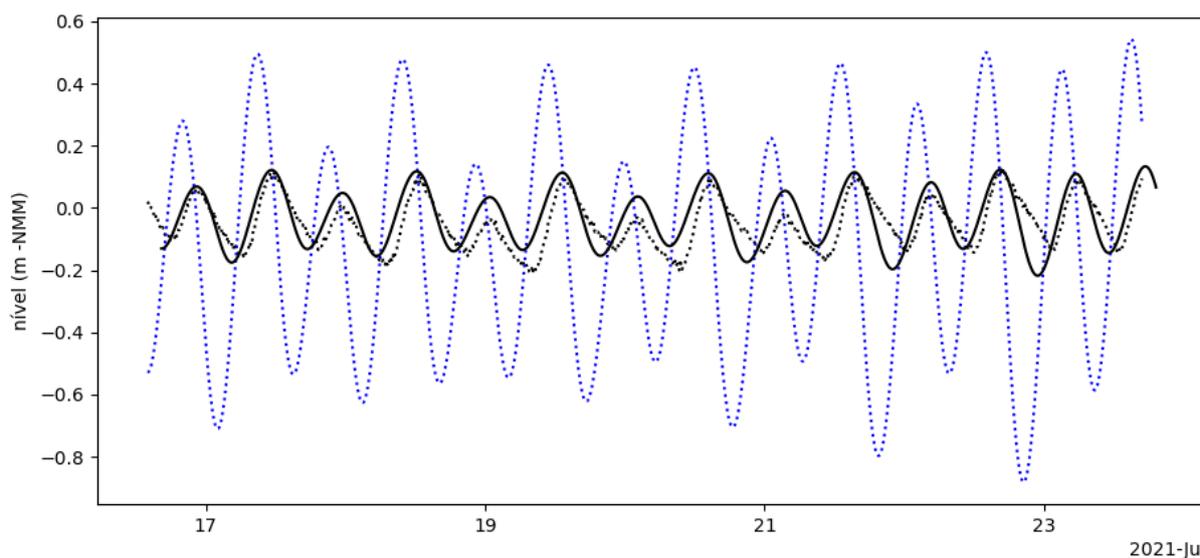


Figura 6.7. Representação da maré lagunar prevista utilizando a aproximação de *Keulagan* (curva preta a cheio), sobreposta à maré lagunar observada (curva preta pontilhada) para o período de observação. A maré oceânica encontra-se representada pela curva azul pontilhada.

Cenários de intervenção

Para avaliar o efeito que possíveis alterações no constrangimento provocado pela ponte podem ter na troca de água entre a laguna e o oceano, foram construídos dois cenários de intervenção, um que corresponde à duplicação do número de canais atual (que equivale à duplicação da área da secção) e outro à sua quadruplicação (Figura 6.8). Os resultados mostram que o aumento da secção dos canais de ligação tem uma forte influência na alteração da amplitude da maré no interior da laguna e que com a quadruplicação da secção dos canais de ligação a maré no interior da laguna passa a ter um comportamento muito semelhante ao da maré oceânica.

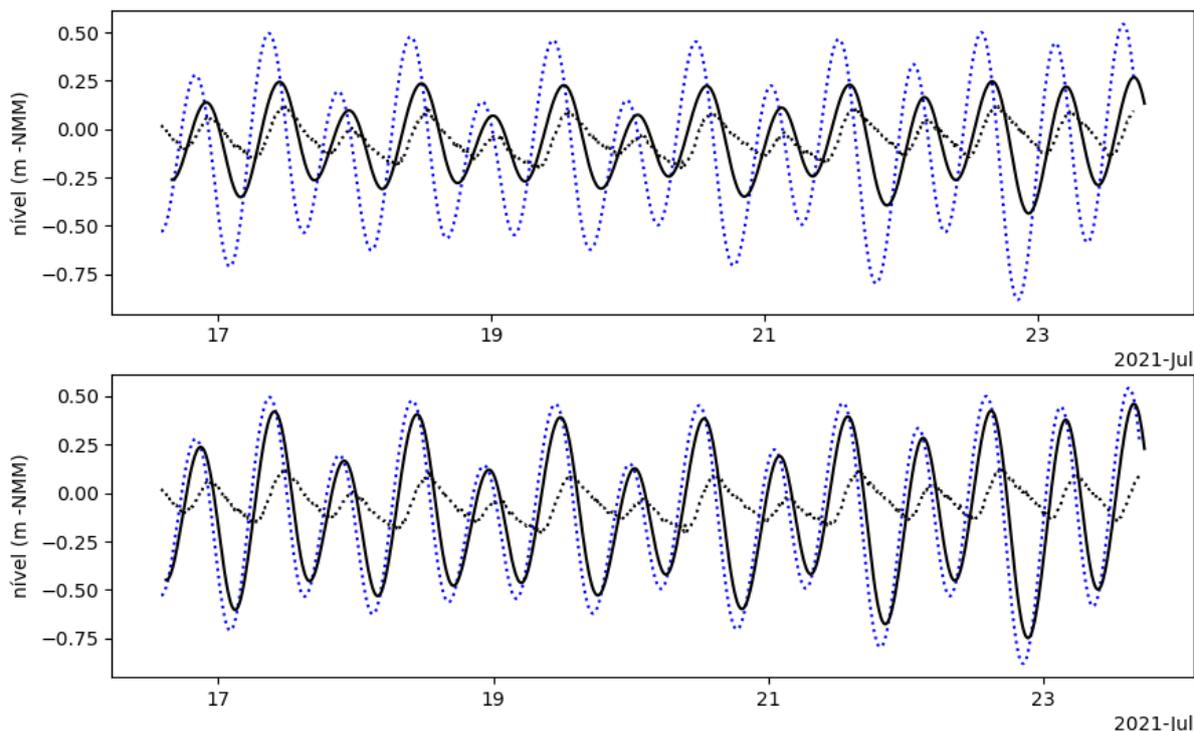


Figura 6.8. Representação da maré lagunar prevista (curva preta a cheio) para uma seção dos canais de ligação entre a laguna e o oceano que duplica (em cima) e quadruplica (em baixo) a área da seção atual, sobreposta com a maré lagunar observada (curva preta pontuada). A maré oceânica encontra-se representada pela curva azul pontuada.

Sedimentação potencialmente provocada pela ponte de Malanxa

A sondagem Malanxa 3 é constituída por areias pouco vasosas e areias vasosas de cor preta na base, que passam a vasas arenosas e pouco arenosas também de cor preta nos 20 cm do topo (Figuras 6.9 e 6.10). A visualização de amostras à lupa binocular permitiu observar que a fração grosseira ($>63 \mu\text{m}$) é essencialmente constituída por grãos minerogénicos constituintes de rochas vulcânicas, fragmentos de algas calcárias, conchas e fragmentos de conchas de bivalves e de gastrópodes, fragmentos de espículas de equinodermes, foraminíferos, ostracodos e raros restos de vegetais e carvão. As valvas de ostracodos são mais abundantes nos 30 cm mais superficiais desta sondagem.



Figura 6.9. Sedimentos recolhidos em Malanxa 3.

Sondagem: MALANZA 3

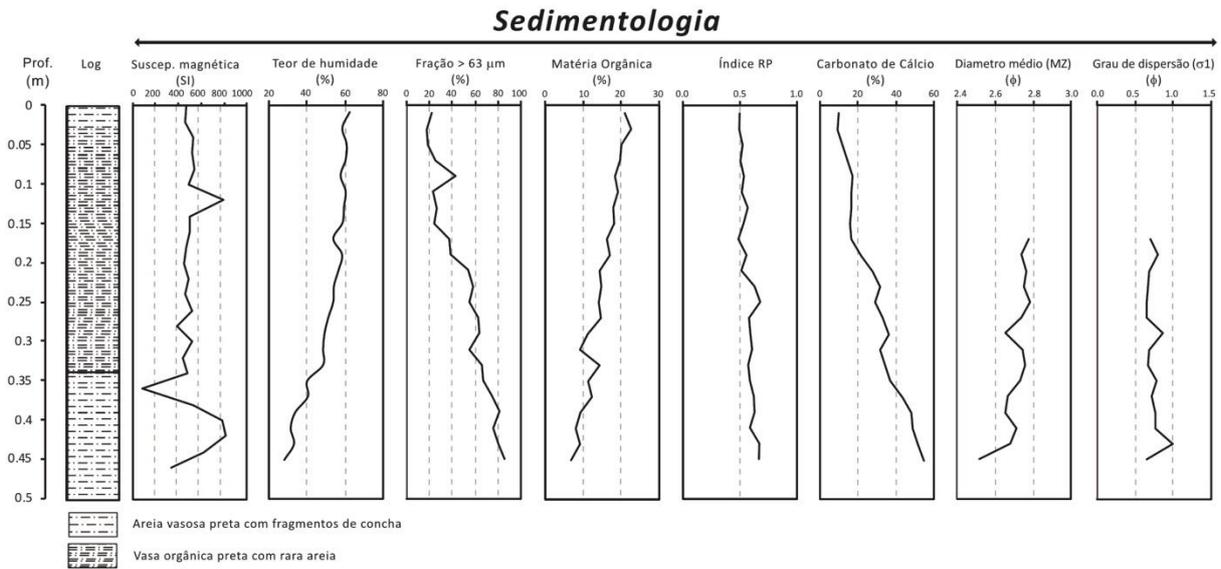


Figura 6.10. Representação da variação em profundidade dos parâmetros sedimentológicos da sondagem Malanza 3.

O teor de carbonato de cálcio, que reflecte o teor de bioclastos (Figura 6.11), decresce da base para o topo, desde valores entre 55 e 30% na unidade arenosa até valores entre cerca de 28 e 10% na unidade vasosa.

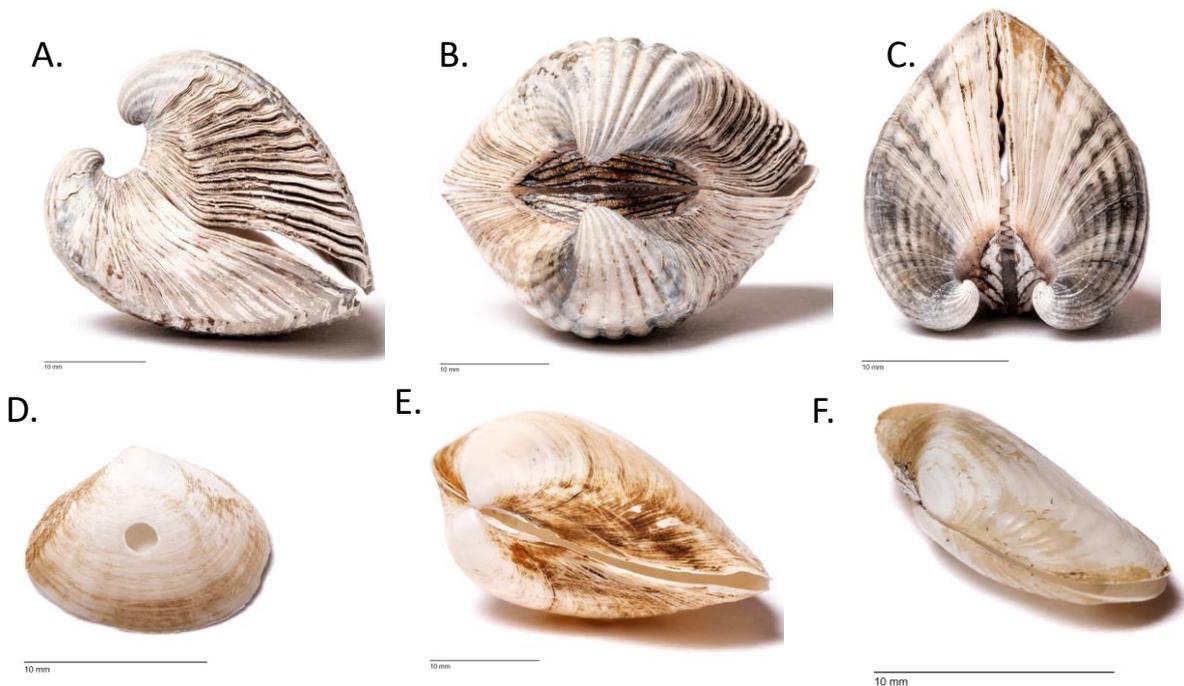


Figura 6.11. Bioclastos recolhidos em Malanza 3. A. e B. – Concha recolhida a 28-30 cm de profundidade (*Senilia senilis*); C. – Concha recolhida a 36-38 cm de profundidade (*Senilia senilis*); D. - Concha recolhida a 24-26 cm de profundidade; E - Concha recolhida a 26-28 cm de profundidade; F - Concha recolhida a 38-40 cm de profundidade. Fotos de J. Vicente, Agência Calipo.

O teor de matéria orgânica cresce da base para o topo, apresentado valores entre 7 e 15% na unidade arenosa e valores entre 14 e 23% na unidade vasosa (Figura 6.10). Os valores de susceptibilidade magnética são elevados (geralmente entre 400 e 800 x10⁻⁵ SI), reflectindo a presença de abundantes minerais magnéticos. A componente arenosa é fina e de modo geral moderadamente bem calibrada.

Relativamente aos microfósseis observados, o número de exemplares de espículas aragoníticas de ascídias e siliciosas de esponjas diminuem da base para o topo da sondagem e as diatomáceas surgem nos 20 cm superficiais (Figuras 6.12 a 6.16). De salientar que a abundância relativa em elementos de ascídias sugere que este grupo colonize o interior da laguna e não sejam um indicador de influência marinha, já que não são comumente encontrados nos sedimentos das praias ao redor da ilha. Os nanofósseis calcários, resultantes da desagregação de rodófitas calcárias (tubilitos), são muito abundantes ao longo de toda a sondagem, o que confirma a grande presença de restos rodolíticos que são encontrados na região costeira e praia. Já os elementos resultantes dos exosqueletos calcíticos (cocólitos) de nanoplâncton calcário marinho são menos abundantes nos sedimentos arenosos e mais abundantes nas vasas.

A matéria orgânica presente nas amostras de Malanza 3 (Figura 6.17) tem essencialmente origem em DOC, POC e algas de água doce. Os valores de C/N são mais baixos que em Malanza 4 devido ao carácter menos orgânico de Malanza 3 e os valores de $\delta^{13}C$ vão ficando mais negativos da base para o topo (Figura 6.18).

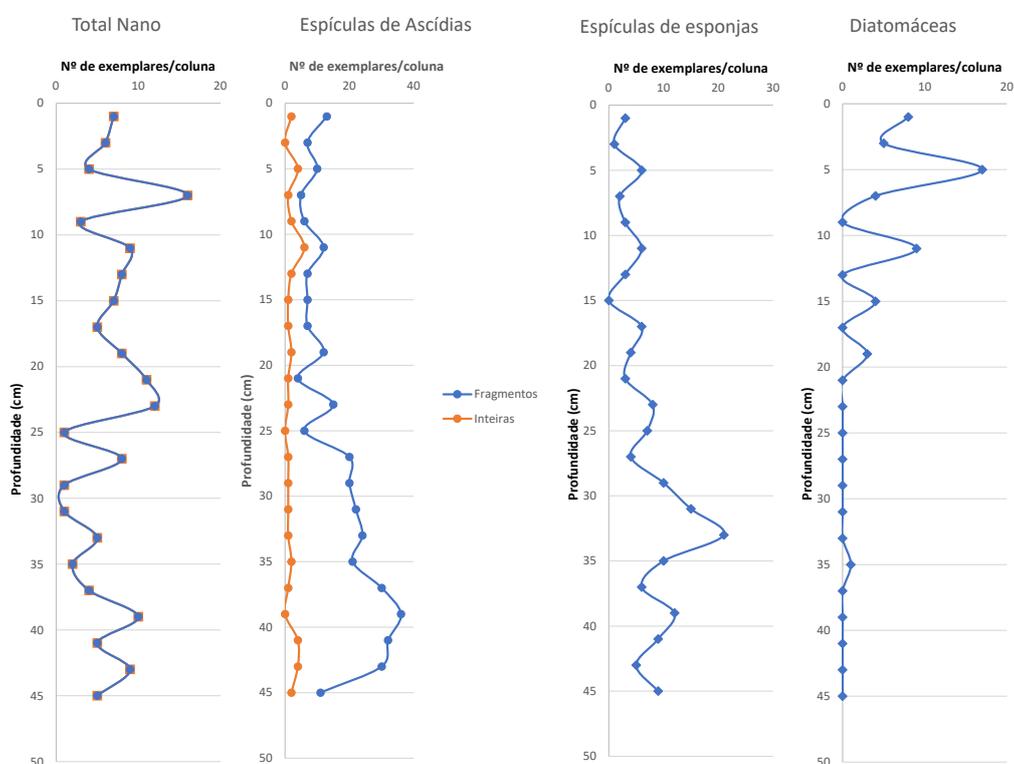


Figura 6.12. Representação da variação em profundidade do total de nanólitos calcários, de espículas de ascídias e de esponjas e de diatomáceas observadas em amostras da sondagem Malanza 3.

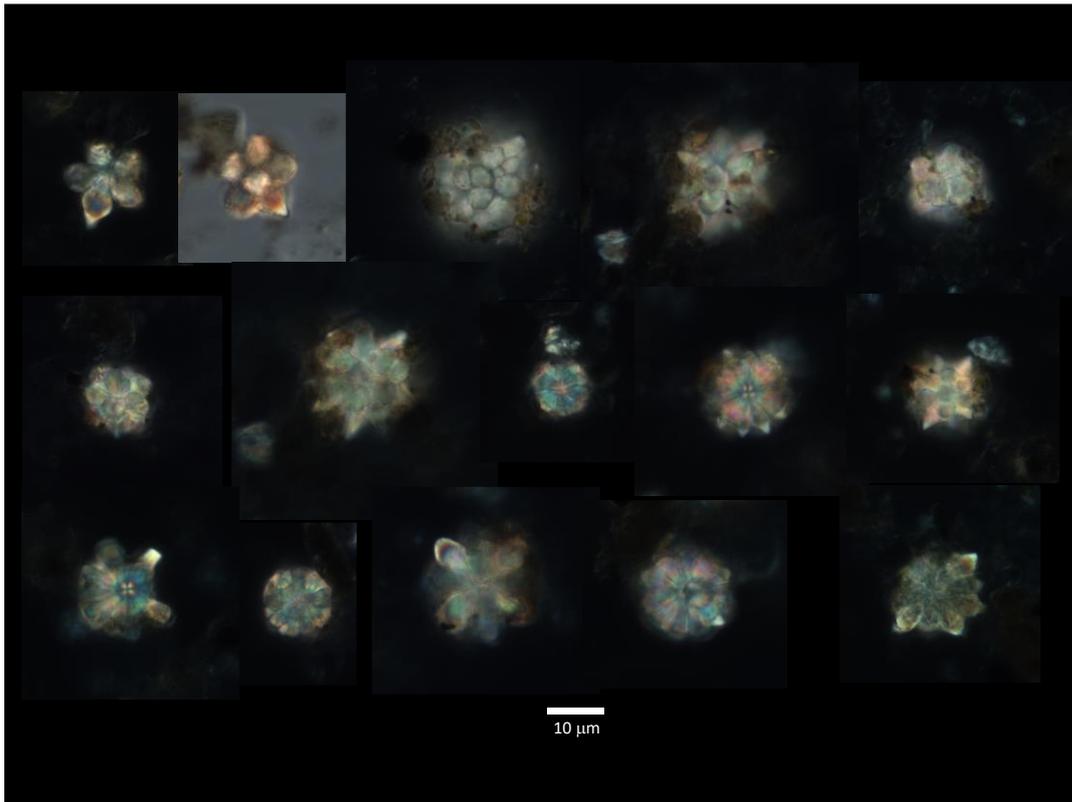


Figura 6.13. Fotografias de espículas de ascídias observadas ao microscópio ótico petrográfico (nicóis cruzados), em amostras da sondagem Malanxa 3.

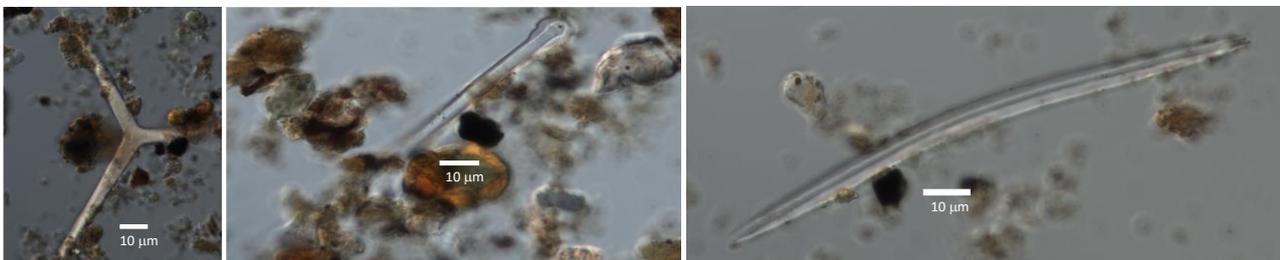


Figura 6.14. Fotografias de espículas de esponjas observadas ao microscópio ótico petrográfico (nicóis paralelos), em amostras da sondagem Malanxa 3.

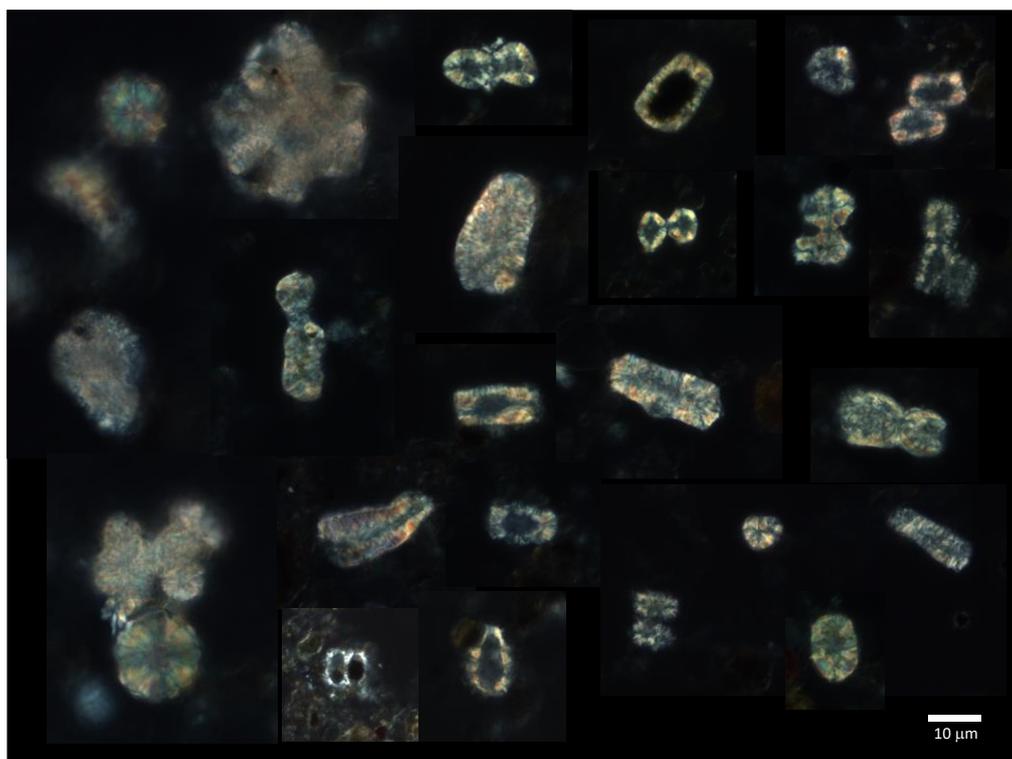


Figura 6.15. Fotografias de tubulitos observadas ao microscópio óptico petrográfico (nicóis cruzados) em amostras da sondagem Malanxa 3.

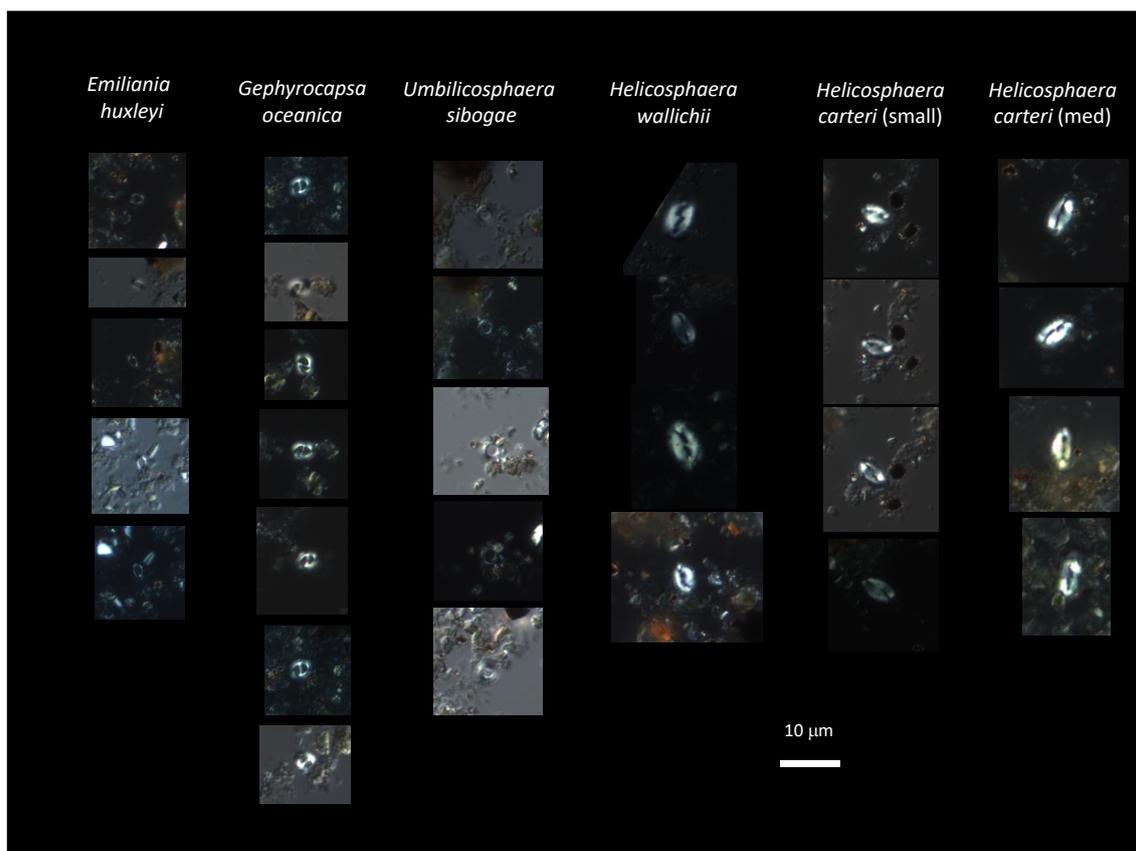


Figura 6.16. Fotografias de cocólitos observadas ao microscópio óptico petrográfico (nicóis cruzados) em amostras da sondagem Malanxa 3.

Sondagem: MALANZA 3

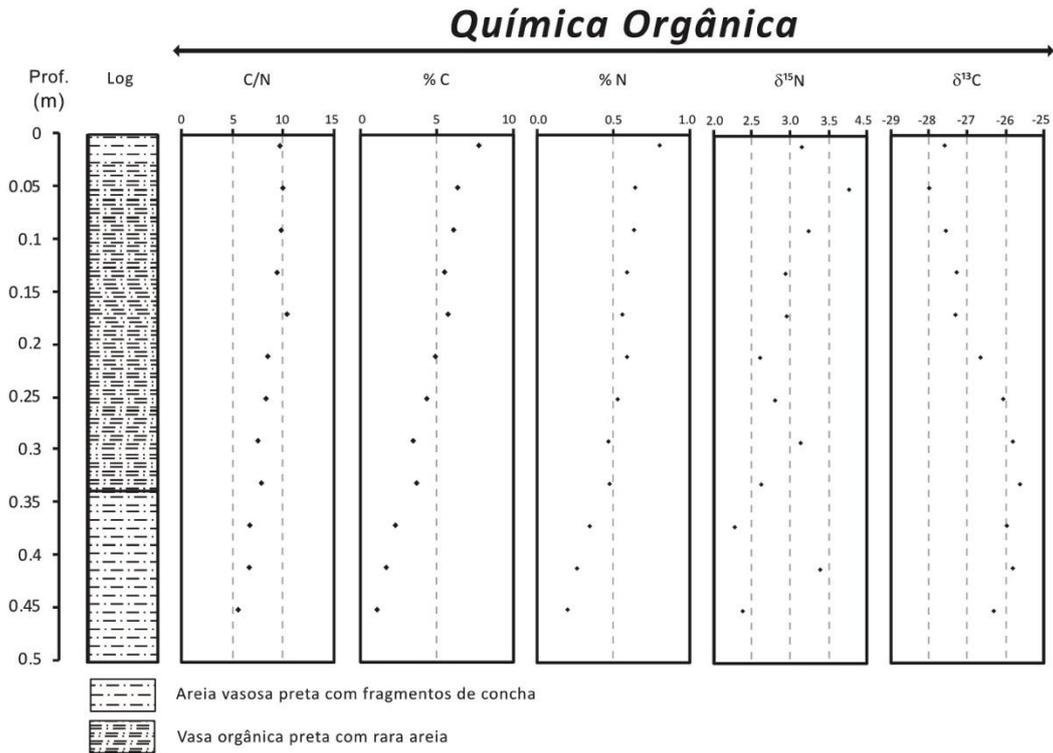


Figura 6.17. Representação da variação em profundidade dos parâmetros geoquímicos da sondagem Malanza 3.

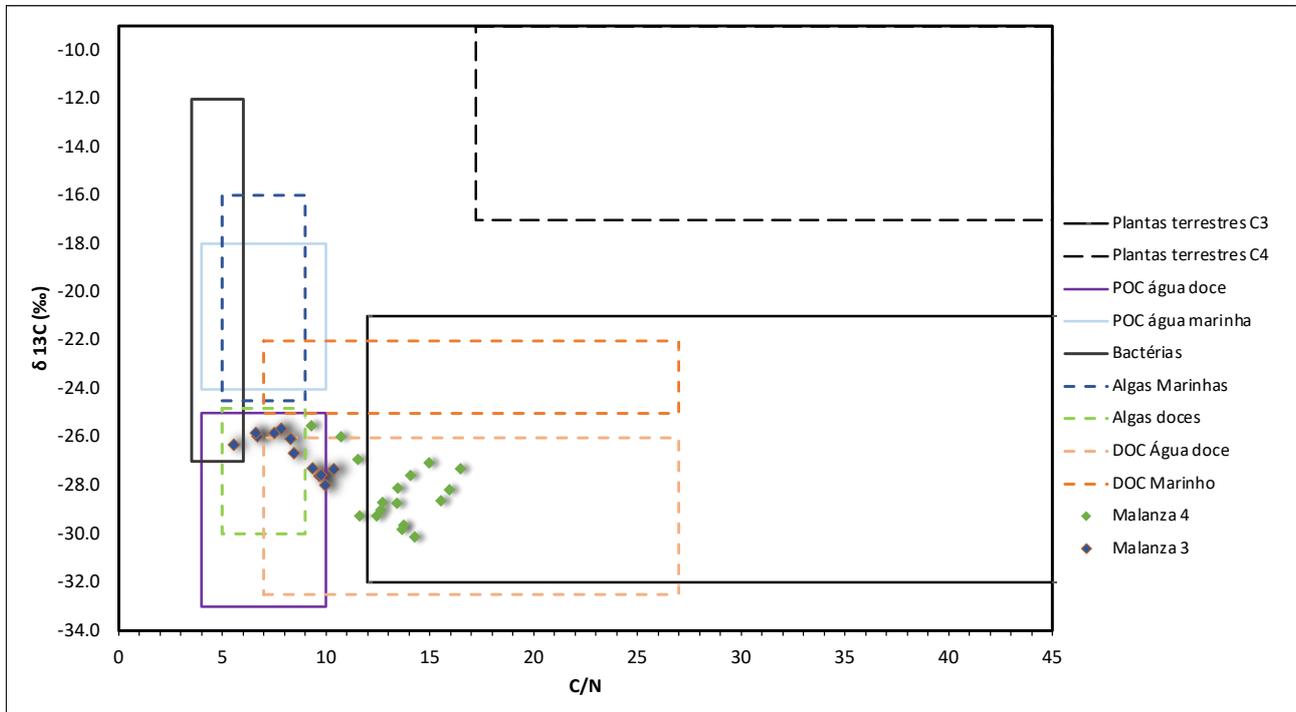


Figura 6.18. Representação dos valores de C/N e $\delta^{13}\text{C}$ das sondagens Malanza 3 e Malanza 4 no gráfico de Lamb *et al.* (2006).

Malanza 4 é constituída por vasas arenosas e pouco arenosas intercaladas com algumas areias vasosas, de cor preta (Figuras 6.19 e 6.20).



Figura 6.19. Sedimentos recolhidos em Malanza 4.

Sondagem: MALANZA 4

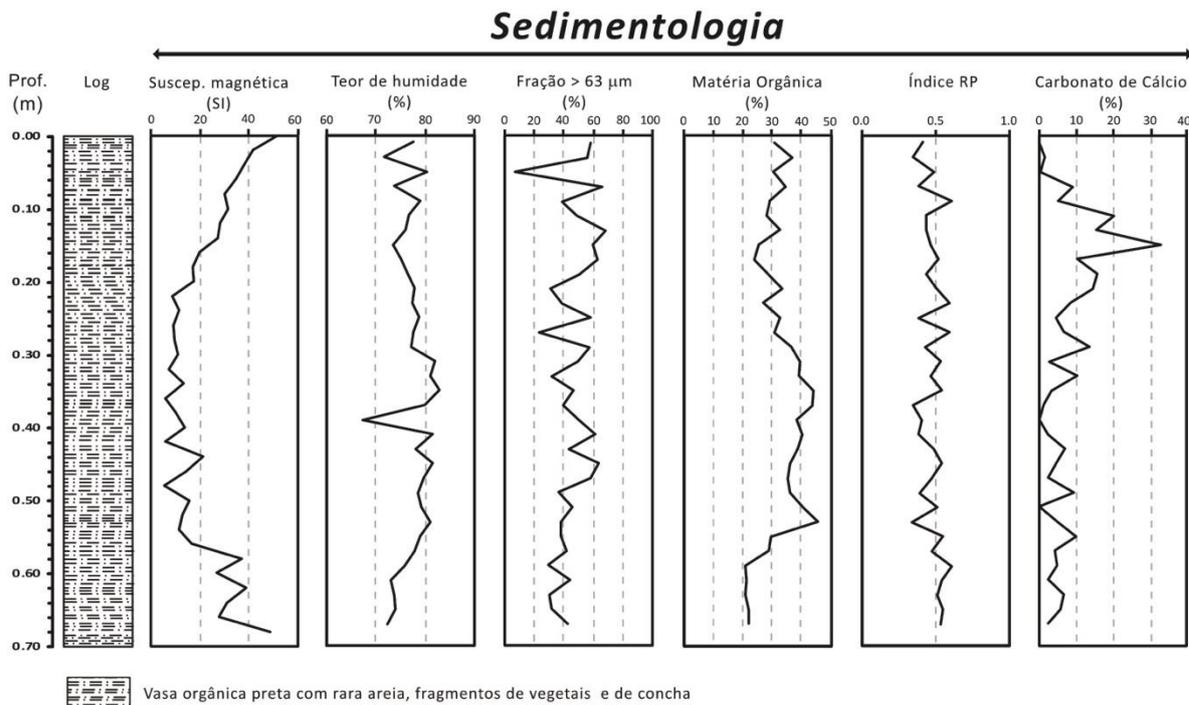


Figura 6.20. Representação da variação em profundidade dos parâmetros sedimentológicos da sondagem Malanza 4.

Os teores de matéria orgânica são muito elevados (entre 20 e 45%), ocorrendo por vezes fragmentos de madeira perfurada por moluscos (Figuras 6.21 e 6.22). Os teores de CaCO_3 (conchas e fragmentos de conchas de bivalves e gastrópodes – Figura 6.20) são inferiores a 10%, à excepção de um nível entre 10 e 22 cm onde variam entre 15 e 33%.

Os valores de susceptibilidade magnética são baixos, inferiores a 50×10^{-5} SI, reflectindo sedimentos com menos minerais magnéticos.



Figura 6.21. Fragmento de madeira perfurada por moluscos xilófagos encontrado a 47-56 cm de profundidade na sondagem Malanza 4. Fotos de J. Vicente, Agência Calipo.



Figura 6.22. Bioclastos recolhidos em Malanza 4. À esquerda, concha de ostreídeo recolhida a 12-14 cm de profundidade; À direita, concha de gastrópode recolhida a 20-28 cm de profundidade.

A matéria orgânica presente nas amostras de Malanza 4 (Figura 6.18) tem essencialmente origem em DOC de água doce/Plantas C3, à exceção das duas amostras da base que poderão ter alguma mistura com POC ou algas de água doce. Os valores de C/N são mais elevados que em Malanza 3 devido ao carácter mais orgânico de Malanza 4 e os valores de $\delta^{13}\text{C}$ vão ficando mais negativos da base para o topo (Figura 6.23).

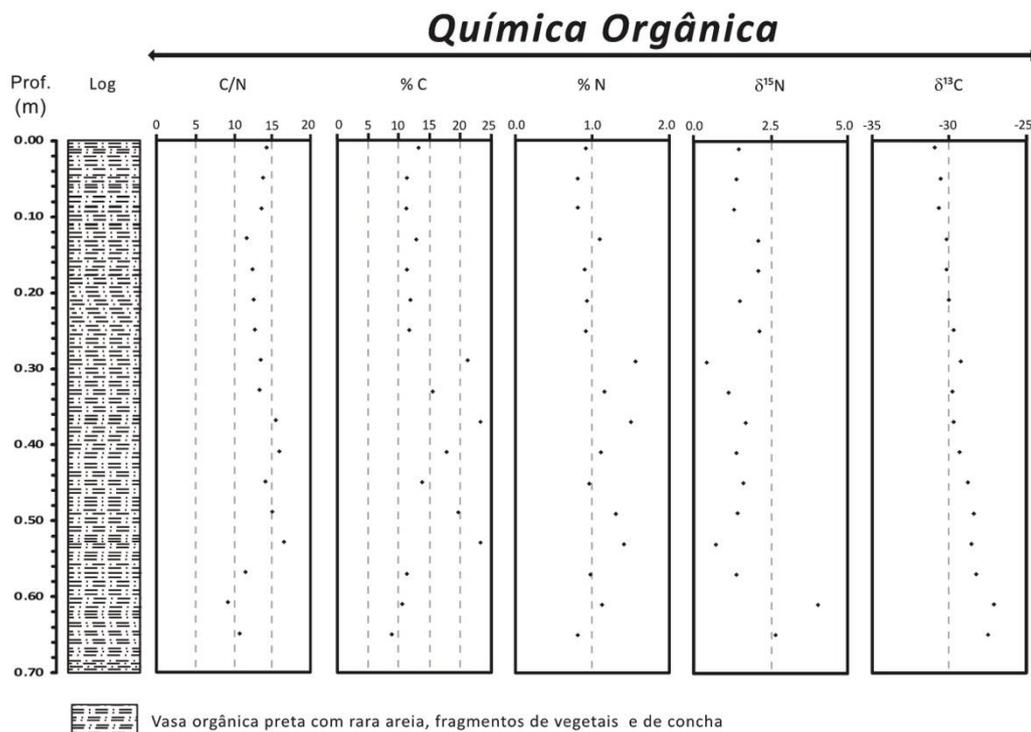
Sondagem: MALANZA 4

Figura 6.23. Representação da variação em profundidade dos parâmetros geoquímicos da sondagem Malanza 4.

A análise dos sedimentos das sondagens Malanza 3 e 4 sugere uma redução do hidrodinamismo no interior da laguna, provavelmente também potenciada pela presença das ruínas de uma antiga ponte a jusante de Malanza 4. Em Malanza 3 é notória uma variação das características sedimentológicas e micropaleontológicas ao longo da sondagem, reflectindo os últimos 20 cm da sondagem um material mais fino e mais orgânico e com menos bioclastos, nomeadamente tubilitos (microfragmentos de algas calcárias coralináceas). No entanto, a presença de cocólitos ao longo de toda sondagem Malanza 3 reflecte contacto com massas de água marinha durante todo o intervalo de tempo, com particular ênfase nas amostras 38-40, 20-22, 12-14 e 6-8 cm. Embora não existam ainda datações destes sedimentos, esta variação pode reflectir a construção da ponte que faz parte da EN2 e que provocou maior confinamento deste sistema.

Caracterização físico-química da coluna de água

De uma forma geral, as salinidades observadas durante a época seca no Malanza foram mais elevadas do que na época húmida (Figuras 6.24 e 6.25). Nas duas épocas, os valores mais baixos foram sempre encontrados nas estações mais interiores do sistema e os valores mais

elevados nas estações mais costeiras do sistema, atingindo cerca de 30 de salinidade na estação M2, na época seca. Na Praia das Conchas, os valores foram sempre próximos de zero, nas duas épocas, exceto quando a amostragem foi feita durante períodos de grande influência da água do mar (e.g. durante a enchente ou maré cheia). Nesses casos, foram observados valores de ~ 35 . A temperatura observada na época seca, no Malanza, foi também mais elevada que durante a época das chuvas, atingindo valores acima de 26°C em todo o sistema. Durante a época húmida, foram observadas temperaturas abaixo de 25°C nas estações mais interiores (Figuras 6.25 e 6.26). O mesmo padrão foi observado na Praia das Conchas, onde as temperaturas mais elevadas, de $\sim 31.5^{\circ}\text{C}$ foram observadas na época seca. No sistema Malanza, o oxigénio dissolvido apresentou sempre o mesmo padrão, com percentagens mais elevadas junto à zona costeira e níveis mais baixos nas estações mais interiores, em especial na época seca (abaixo de 10%). Já na Praia das Conchas, os valores foram consistentemente elevados, acima de 83%.

Em relação aos nutrientes, estes apresentaram concentrações mais elevadas durante a época seca nos dois sistemas (Malanza e Praia das Conchas), em particular a sílica, nitrito e fosfato e fósforo e azoto totais (Figura 6.24). Neste caso, os níveis mais elevados no Malanza foram sempre encontrados nas estações mais interiores do sistema. No entanto, um padrão oposto foi observado para a amónia e nitrato, que apresentaram concentrações mais elevadas durante a época húmida (Figura 6.25). Curiosamente, os valores mais elevados de nitrato foram observados na estação mais costeira de Malanza, sugerindo que estes têm a zona costeira, fora do sistema, como origem.

Em relação à comunidade fitoplanctónica, as concentrações mais elevadas de clorofila *a* (considerada um indicador de biomassa de microalgas) foram observadas nas estações mais interiores de Malanza, durante a época seca, atingindo valores de cerca de $4\ \mu\text{g/L}$. Durante a época das chuvas, os valores foram próximos de zero (Figura 6.25).

A variação espacial dos parâmetros ambientais está de acordo com o que tinha sido previamente reportado para a época das chuvas no Malanza e discutido em Brito *et al.* (2017). Em termos da qualidade da água dos sistemas, a situação parece ser muito idêntica à reportada previamente (Brito *et al.*, 2017). Durante a época das chuvas, a questão mais problemática prende-se com os valores baixos de oxigénio, principalmente nas estações mais interiores, situação que se agrava bastante com a época seca. A variação vertical dos parâmetros indica haver sempre uma certa estratificação da coluna de água, com salinidades baixas à superfície e mais elevadas em profundidade, associadas a valores mais baixos de oxigénio junto ao fundo (Figura 6.27). Tal é consistente com a caracterização das sondagens de sedimento apresentadas na secção anterior, i.e., com sedimentos muito escuros indicadores de baixos níveis de oxigénio no sedimento.

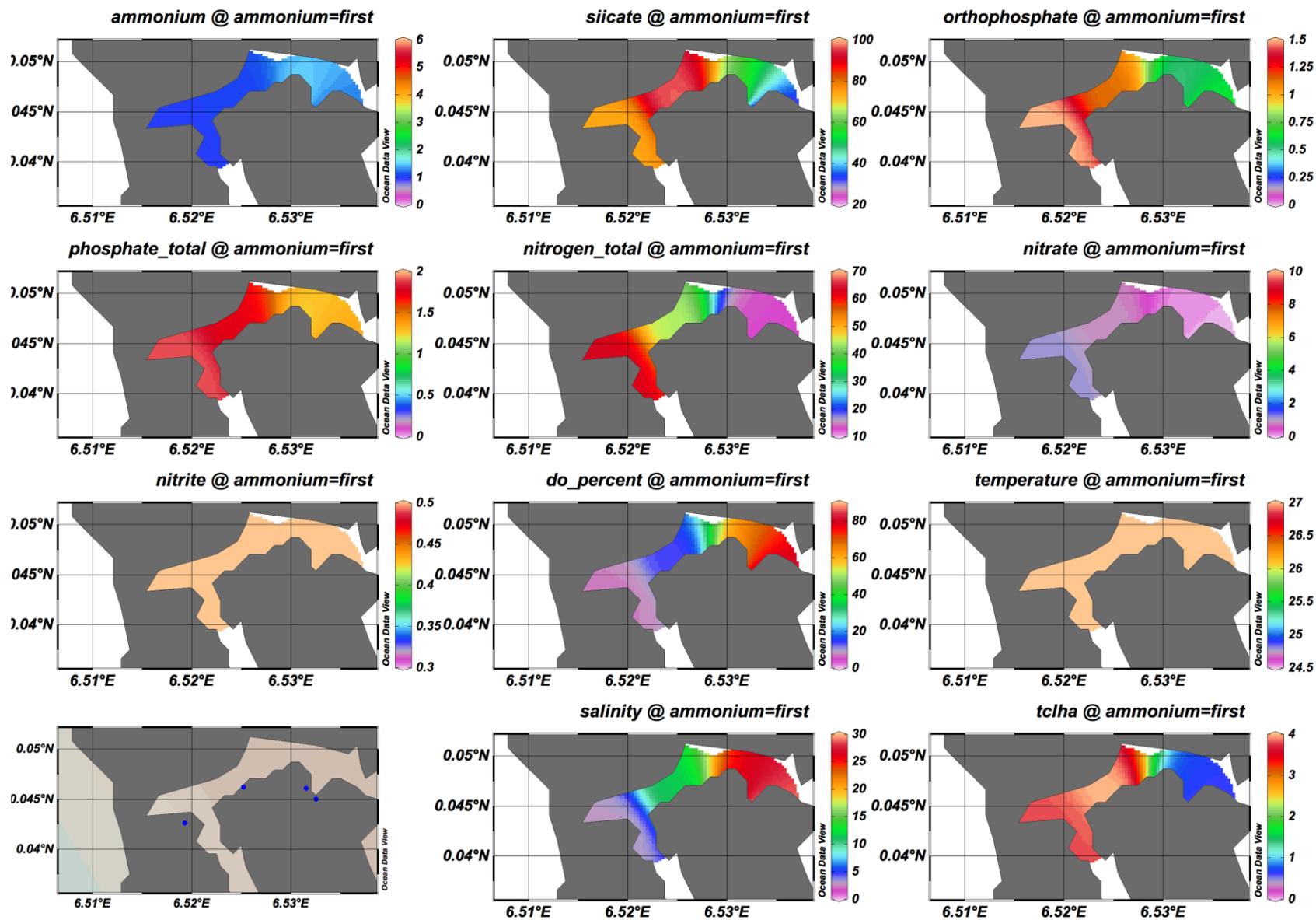


Figura 6.24. Distribuição espacial das variáveis ambientais (amónia (μM), silicato (μM), ortofosfato (μM), fósforo Total (μM), Azoto Total (μM), nitrato (μM), nitrito (μM), oxigénio dissolvido (%), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidade) e biológicas (clorofila a ($\mu\text{g/L}$) durante a época seca em Malanxa.

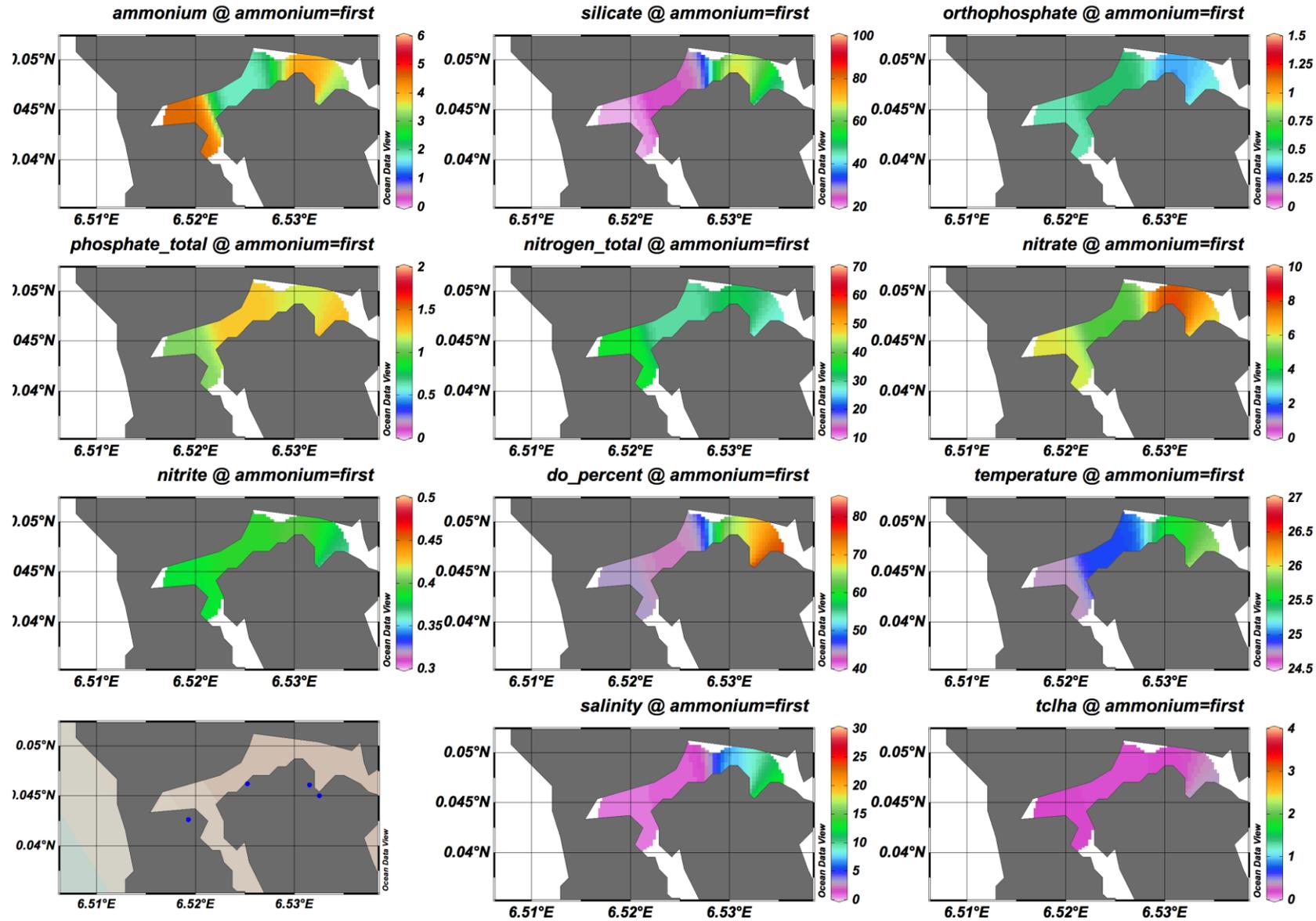


Figura 6.25. Distribuição espacial das variáveis ambientais (amónia (μM), silicato (μM), ortofosfato (μM), fósforo Total (μM), Azoto Total (μM), nitrato (μM), nitrito(μM), oxigénio dissolvido (%), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidade) e biológicas (clorofila a ($\mu\text{g/L}$)) durante a época húmida em Malanıza.

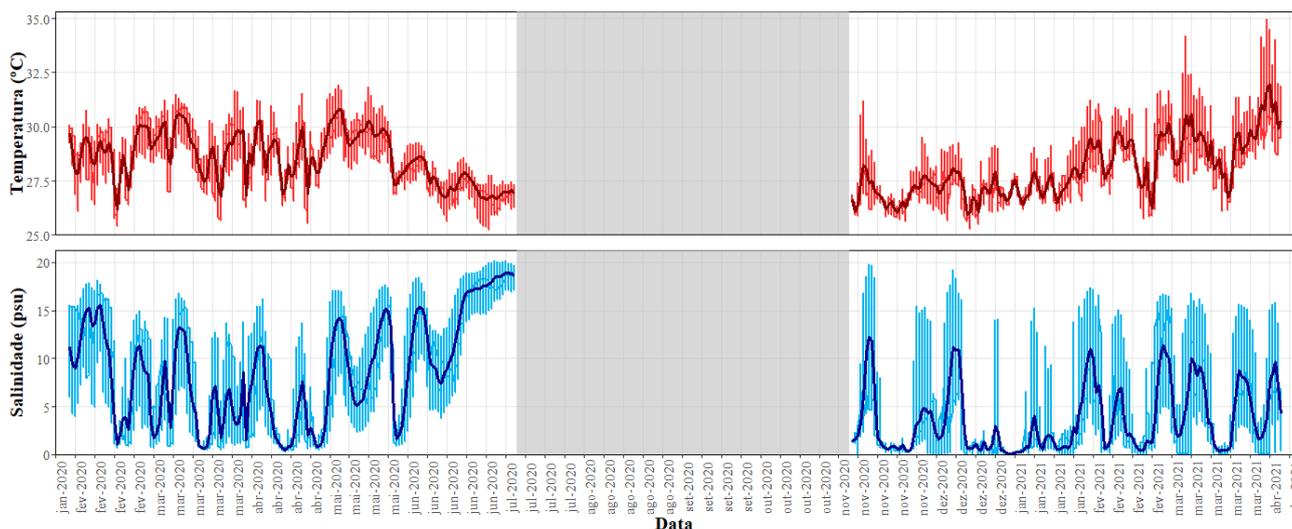


Figura 6.26. Variação temporal da temperatura (°C) e salinidade no sistema Malanxa, de Janeiro de 2020 a Abril de 2021. Note-se que há um período, de Julho a Novembro de 2020, sem dados.

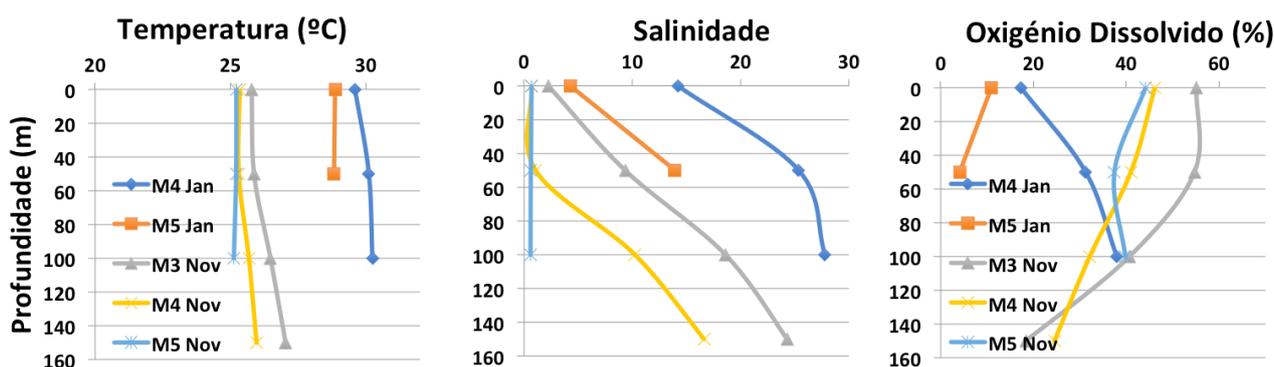


Figura 6.27. Perfil vertical da temperatura (°C), salinidade e oxigénio dissolvido (%), nas estações M3 a M5 de Malanxa, na época seca (Janeiro) e das chuvas (Novembro).

Recomendações

Malanxa

O sistema de mangal de Malanxa mostra alguns sinais de estratificação da coluna de água, com reduzidos níveis de oxigénio dissolvido junto ao fundo (e nos sedimentos), principalmente nas zonas mais interiores. Estes sinais parecem estar relacionados com uma reduzida taxa de troca de água com o mar. Parte do problema está relacionado com a existência de uma ponte no local. Esta estrutura funciona como barreira à troca de água, reduzindo a amplitude da maré oceânica em cerca de 75%. Através de simulação de cenários, verificou-se que uma duplicação do número (ou área) das secções dos canais de ligação iria levar à duplicação da

amplitude da maré oceânica, aumentando significativamente a renovação de água no sistema lagunar. No entanto, além de promover a troca de água oceânica qualquer intervenção deste tipo terá outro tipo de consequências. Uma das mais directas é a alteração, nomeadamente uma redução, do espelho de água existente, acentuada durante a baixa-mar, que poderá provocar alterações na distribuição espacial das comunidades biológicas existentes nas imediações do sistema, podendo ainda alterar a importância de Malanza como uma área de viveiro. Sendo a actual cota do mangal função do constrangimento causado pela ponte que promoveu uma acumulação de sedimentos, uma intervenção que removesse esse constrangimento resultaria, a curto e médio-prazo, numa redução do espelho de água e numa redução significativa da área vegetada do sistema. Situação esta que apenas a longo-prazo poderia resultar numa área alagada e vegetada semelhante à actual, por erosão gradual dos sedimentos a montante da ponte e reposição da vegetação. Se por um lado, a potencial conversão de espécies nas áreas vegetadas submersas em função de fenómenos como a eutrofização pode gerar efeitos deletérios nas comunidades biológicas (Sogard and Able 1991), por outro, a dimensão da área de alagamento permanente é directamente proporcional ao valor de uma área de viveiro pela disponibilidade de ocupação do ambiente físico pela comunidade biológica. Considerando as abundâncias e as relações tróficas das comunidades de peixe e invertebrados que fazem uso do mangal durante o seu ciclo de vida, esta condição representa uma vantagem quando comparado com áreas cujo alagamento está mais dependente do ciclo e altura das marés (e.g. Unsworth et al., 2007), muito embora exista, em Malanza, uma amplitude considerável no que toca à área de viveiro disponível (ver capítulo 3). A alteração desta condição pode ainda afectar a viabilidade do uso do sistema para actividades ligadas ao eco-turismo, como são as visitas de canoa, podendo traduzir-se num efeito significativo na socio-economia regional.

Pelos motivos indicados, a **recomendação imediata para este sistema é apenas a de realizar a monitorização** das condições existentes, nomeadamente da altura da coluna de água e dos níveis de oxigénio de fundo em três pontos específicos do sistema, de acordo com o protocolo de amostragem (Anexo IV). Esta monitorização específica deve ser feita de 2 em 2 meses, sempre na condição de início de enchente, *i.e.*, quando o nível da coluna de água é menor. Se o estado do sistema se mantiver relativamente semelhante, não se deve fazer qualquer intervenção, devendo apenas continuar a monitorização. Uma **intervenção física deverá apenas ser considerada se houver um agravamento da situação** (*i.e.*, uma redução dos níveis de oxigénio dissolvido e uma redução da altura da coluna de água, por acumulação de sedimentos). No entanto, é importante referir que qualquer alteração da barreira (ponte) deverá ser detalhadamente discutida com as comunidades locais pois será sempre necessário decidir quais as relações de custo-benefício mais adequadas para esta situação.

Praia das Conchas

Em relação ao sistema da Praia das Conchas, a situação é diferente do referido anteriormente. Apesar de existir um pequeno circuito para entrada de água do mar, verifica-se que este é insuficiente e que a construção da estrada em aterro teve consequências claras na entrada de

água do mar na zona húmida a montante, impedindo a passagem de água, excepto em situações em que há galgamento desta barreira (e.g. ocorrência de temporais). Uma evidência clara desta situação está nos baixos níveis de salinidade observados. Assim, para a Praia das Conchas, recomenda-se uma intervenção ao nível da estrada, que deveria ser substituída por uma estrutura que permita a natural circulação de água entre o mar e o mangal. Um exemplo deste tipo de estruturas são as estradas suportadas por sistemas de estacas, que não funcionam como barreira à circulação da água. Uma consequência negativa deste procedimento para a comunidade local seria o aumento dos níveis de salinidade a montante, o que poderá impedir algumas actividades humanas realizadas nestes locais (e.g., lavagem de roupa). Contudo, as implicações ecológicas seriam positivas.

7. ESTABELECIMENTO DE UM PLANO DE MONITORIZAÇÃO PERIÓDICA DA BIODIVERSIDADE LOCAL (A4.2)

A elaboração de um plano de monitorização para os mangais teve por base a experiência adquirida da equipa durante os estudos realizados nos sistemas de mangal da ilha de São Tomé, desde 2014, estipulando um paralelismo com as metodologias utilizadas no contexto europeu. Durante este período de campanhas de amostragem, a metodologia foi melhorada e adaptada para dar resposta aos desafios impostos pelas características dos locais.

Com a necessidade de acompanhar a condição ambiental dos mangais de São Tomé, foi desenvolvido um plano de monitorização adaptado e composto pela recolha periódica de material biológico e registo de condições ambientais da coluna de água, que permitirão acompanhar a condição dos sistemas e identificar sinais de degradação. Na presença de fenómenos deletérios, será possível uma acção de mitigação atempada e direccionada, promovendo a conservação da biodiversidade e preservação de funções dos ecossistemas. O documento elaborado encontra-se no Anexo IV do presente relatório e descreve a metodologia de recolha de amostras e medição de parâmetros ambientais necessários à monitorização.

No caso dos mangais representados no presente relatório, a abordagem e pontos de amostragem, deverão replicar os já definidos. No entanto, e embora toda a metodologia seja aplicável a outros mangais, será importante uma avaliação prévia em novos sistemas para identificar particularidades que possam justificar uma adaptação do protocolo, com a finalidade de maximizar a informação a recolher.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A componente científica do projecto *Gestão participativa dos Mangais de Malanza e Praia das Conchas*, norteado pela conservação dos sistemas de mangal em São Tomé, foi delineado para obtenção de conhecimento acerca dinâmica dos mangais do Parque Natural do Obô de São Tomé, enquanto fonte de informação para o estado actual destes ecossistemas e ferramenta de suporte às medidas de gestão destes mangais. Com base nestas directrizes, a actividade científica revelou-se bem-sucedida, criando avanços no conhecimento no que respeita às comunidades biológicas dos mangais, condição ambiental, importância destes sistemas para espécies comerciais e potenciais questões associadas à acção antropogénica. Os mangais do parque natural revelaram-se locais dinâmicos e com elevada relevância ecológica, mas também demonstram algumas imparidades relacionadas, principalmente, com duas actividades humanas que resultaram numa alteração aos sistemas: a introdução de uma espécie exótica e a concepção das vias de trânsito que atravessam estes mangais a jusante. Este constrangimento é mais problemático na Praia das Conchas, causando um impedimento total ao funcionamento do mangal enquanto área costeira salobra e eliminando, assim, as suas funções ecológicas para as comunidades aquáticas.

Os estudos representados neste relatório são pioneiros no que respeita à obtenção de conhecimento para os mangais da ilha e revelam, claramente, a necessidade do prosseguimento da investigação científica nestes locais. Contudo, o projecto deu um passo importante no sentido do reconhecimento da importância destes ecossistemas e permite sublinhar a importância da divulgação e sensibilização dos vários agentes envolvidos, incluindo as entidades de gestão. A conservação dos mangais do parque natural, e restantes, depende de uma monitorização contínua e da sustentabilidade da sua exploração nos vários níveis em que ocorre.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Able, K. W., Fahay, M. P. (2010). Ecology of Estuarine Fishes: Temperate Waters of the Western North Atlantic. Johns Hopkins University Press. ISBN: 978-0-8018-9471-8.
- Afonso, F. (2019). A importância dos mangais de São Tomé. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/20>.
- Afonso, F., Félix, P. M., Chainho, P., Heumüller, J., de Lima, R. F., Ribeiro, F., Brito, A. C. (2022). Community Perceptions about Mangrove Ecosystem Services and Threats. Ecosystem Services. Regional Studies in Marine Science, DOI: 10.1016/j.rsma.2021.102114.
- Agnèse, J. F. (1998). Genetic impacts of some fish species introduction in African freshwaters. (Agnèse J.-F., ed.), Genetics and Aquaculture in Africa, Éditions de l'ORSTOM, Paris.
- Ahamed, A. M. R., and Dharmaretnam, M. (2015). Nest parameters of an indigenous (*Etilopius suratensis* and *Etilopius maculatus*) and exotic (*Oreochromis mossambicus*) chliclids. Int. J. Biol. Pharm. Sci. 2, 30–35. doi:15.1026/BR022046051.
- Ahamed, A. M. R., Dharmaretnam, M. (2008). Nest distribution of the indigenous *Etilopius suratensis* and *Etilopius maculatus*, and the exotic cichlid *Oreochromis mossambicus* in the Batticaloa lagoon, Sri Lanka. in Proceedings of the National Symposium on Invasive Alien Species (IAS 2008), (Ranwala S. M. W., ed), Sri Lanka for the Advancement of Science, ed. Ranwala S. M. W. (Sri Lanka), 145–164.
- Almeyda-Artingas, J. (1991). Hallazgo de *Gnathostoma binucleatum* n. sp. (Nematoda: Spirurida) en felinos silvestres y el papel de peces dulceacuícolas y oligohalinos como vectores de la gnatostomiasis humana en la cuenca baja del Río Papaloapan, Oaxaca-VeraCruz, México. An. del Inst. Ciencias del Mar y Limnol. 18, 137–155.
- Anderson, M.J., Gorley, R.N., Clarke, K.R. (2008). PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods. PRIMER-E, Plymouth, UK.
- Ariel, E., and Owens, L. (1997). Epizootic mortalities in tilapia *Oreochromis mossambicus*. Diseases of Aquatic Organisms, 29(1), 1-6.
- Arthington, A. H., Blühdorn, D. R. (1994). Distribution, genetics, ecology and status of the introduced cichlid, *Oreochromis mossambicus*, in Australia. SIL Commun. 1953-1996 24, 53–62. doi:10.1080/05384680.1994.11904025.
- Baltz, D. M., Fleeger, J. W., Rakocinski, C., McCall, J. N. (1998). Food, density, and microhabitat: factors affecting growth and recruitment potential of juvenile saltmarsh fishes. Env Biol Fish 53:89–103.

- Barger, M. A., Bunkley-Williams, L., and Williams, E. H. (1998). Parasites of Puerto Rican Freshwater Sport Fishes. *J. Parasitol.* 84. doi:10.2307/3284515.
- Barletta M., Barletta-Bergan A., Saint-Paul U., Hubold G. (2003). Seasonal changes in density, biomass, and diversity of estuarine fishes in tidal mangrove creeks of the lower Caeté Estuary (northern Brazilian coast, east Amazon). *Mar Ecol Prog Ser* 256:217–228.
- Basson, L., and Van As, J. G. (1994). Trichodinid ectoparasites (Ciliophora: Peritrichida) of wild and cultured freshwater fishes in Taiwan, with notes on their origin. *Syst. Parasitol.* 28, 197–222. doi:10.1007/BF00009518.
- Blaber, S. J. M. (1980). Fishes of the Trinity Inlet system of North Queensland with notes on the ecology of fish faunas of tropical Indo-Pacific estuaries. *Aust J Mar Freshw Res* 31:137–146
- Bloomfield, A. L., Gillanders, B. M. (2005). Fish and invertebrate Assemblages in Seagrass, Mangrove, Saltmarsh, and Nonvegetated Habitats. *Estuaries*, 28(1): 63-77.
- Brito, A. C., Silva, T., Beltrán, C., Chainho, P., and de Lima, R. F. (2017). Phytoplankton in two tropical mangroves of São Tomé Island (Gulf of Guinea): a contribution towards sustainable management strategies. *Reg. Stud. Mar. Sci.* 9, 89–96.
- Cameron-Caluori, H. (2014). A preliminary investigation of the potential effects of the invasive Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus* on the native fish assemblages of Lake MacLeod, Western Australia. doi:10.1057/978-1-349-95988-4_335.
- Clarke, K.R., Gorley, R.N. (2015). Getting started with PRIMER v7. PRIMER-E, Plymouth, UK.
- Codiga, D. L., (2011). Unified Tidal Analysis and Prediction Using the UTide Matlab Functions. Technical Report 2011-01. Graduate School of Oceanography, University of Rhode Island, Narragansett, RI. 59pp.
- Coles, R. G., Lee, W. J., Watson, R. A., Derbyshire, K. J. (1993). Distribution of seagrasses, and their fish and penaeid prawn communities, in Cairns harbour, a tropical estuary, Northern Queensland, Australia. *Mar Freshw Res* 44:193–201
- Conceição, P., Assa, J., Calderon, C., Gray, G. R., Gulasan, N., Hsu, Y.-C., et al. (2019). Human Development Report 2019-Beyond income, beyond averages, beyond today: Inequalities in human development in the 21st century. New York, USA: United Nations Development Programme (UNDP).
- Connolly, R. M. (1994). A comparison of fish assemblages from seagrass and unvegetated areas of a southern Australian estuary. *Mar Freshw Res* 45:1033–1044.
- Copp, G. H., Vilizzi, L., Tidbury, H., Stebbing, P. D., Tarkan, A. S., Miossec, L. and Gouletquer, P. (2016). Development of a generic decision-support tool for identifying potentially invasive aquatic taxa: AS-ISK. *Manag. Biol. Invasions* 7, 343–350. doi: <https://doi.org/10.3391/mbi.2016.7.4.04>.

Copp, G. H., Vilizzi, L., Wei, H., Li, S., Piria, M., Al-Faisal, A. J., Almeida, D., Atique, U., Al-Wazzan, Z., Bakiu, R., Bašić, T., Bui, T. D., Canning-Clode, J., Castro, N., Chaichana, R., Çoker, T., Dashinov, D., Ekmekçi, F. G., Erős, T., Ferincz, Á., Ferreira, T., Giannetto, D., Gilles Jr., A. S., Głowacki, Ł., Gouletquer, P., Interesova, E., Iqbal, S., Jakubčinová, K., Kanongdate, K., Kim, J.-E., Kopecký, O., Kostov, V., Koutsikos, N., Kozic, S., Kristan, P., Kurita, Y., Lee, H.-G., Leuven, R. S. E. W., Lipinskaya, T., Lukas, J., Marchini, A., González Martínez, A. I., Masson, L., Memedemin, D., Moghaddas, S. D., Monteiro, J., Mumladze, L., Naddafi, R., Năvodaru, I., Olsson, K. H., Onikura, N., Paganelli, P., Pavia Jr., R. T., Perdikaris, C., Pickholz, R., Pietraszewski, D., Povž, M., Preda, C., Ristovska, M., Rosíková, K., Santos, J. M., Semenchenko, V., Senanan, W., Simonović, P., Smeti, E., Števo, B., Švolíková, K., Ta, K. A. T., Tarkan, A. S., Top, N., Tricarico, E., Uzunova, E., Vardakas, L., Verreyken, H., Zięba, G., Mendoza, R., (2021). Speaking their language – development of a multilingual decision-support tool for communicating invasive species risks to decision makers and stakeholders. *Environ. Modell. Softw.* 135, 104900. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104900>.

Cyrus, D., Vivier, L. (2006). Status of the estuarine fish fauna in the St Lucia estuarine system, South Africa, after 30 months of mouth closure. *African Journal of Aquatic Science*, 31(1), pp.71-81.

De Silva, C. D., and Ranasinghe, J. (1989). Biochemical evidence of hybrid gene introgression in some reservoir populations of tilapia in southern Sri Lanka. *Aquac. Res.* 20, 269–277. doi:10.1111/j.1365-2109.1989.tb00352.x.

Dean, R. G., Dalrymple, R. A. (2002). Coastal processes with engineering applications. Cambridge University Press.

Dessouassi, C. E., Chikou, A., Lederoun, D., Adandedjan, D., Gangbe, L., Laleye, P. (2018). Diversity, biology and exploitation of brackish water crabs in West Africa: A review. *International Journal of Biology Chemical Science* :2355-2370.

Dove, A. D. M., and O'Donoghue, P. J. (2005). Trichodinids (Ciliophora: Trichodinidae) from native and exotic Australian freshwater fishes. *Acta Protozool.* 44, 51–60.

Duncan, B. L. (1977). Urceolariid ciliates, including three new species, from cultured Philippine fishes. *Trans. Am. Microsc. Soc.* 96, 76–81. doi:10.2307/3225966.

Ellender, B. R., Weyl, O. L. F., Shanyengange, M. K., Cowley, P.D. (2008). Juvenile population dynamics of *Oreochromis mossambicus* in an intermittently open estuary at the limit of its natural distribution. *African Zoology*, 43(2), pp.277-283.

FAO - Fisheries and Aquaculture Department (1977). Actas del simposio sobre acuicultura en America Latina, Montevideo, Uruguay, 26 Noviembre a 2 de Diciembre, 1974. 3 volumes.

Faria, S., Macuéria, M., Mosley, B. A., Teodósio, M. A., Baptista, V. Characterization of small scale fishing activity in Luanda Bay (Angola) (2021). *Journal of Spatial and organizational Dynamics IX*: 225-238.

Félix, P. M., Chainho, P., de Lima, R. F., Costa, J. L., Almeida, A. J., Domingos, I., Brito, A. C. (2017). Mangrove fish of São Tomé Island (Gulf of Guinea): new occurrences and habitat usage. *Mar. Freshw. Res.* 68, 123–130.

Firmat, C., Alibert, P., Losseau, M., Baroiller, J. F., and Schliewen, U. K. (2013). Successive Invasion-Mediated Interspecific Hybridizations and Population Structure in the Endangered Cichlid *Oreochromis mossambicus*. *PLoS One* 8. doi:10.1371/journal.pone.0063880.

France-Lyse Clottide-Ba, Youssouph Diatta & Capape, C. (1997). Observations sur huit especes commestibles de crustaces decapodes des eaux senegalaises (Afrique de l'Ouest). *Bol. Mus. Mun< Funchal* 49 (282). 171-187.

Fuselier, L. (2001). Impacts of *Oreochromis mossambicus* (Perciformes: Cichlidae) upon habitat segregation among cyprinodontids (Cyprinodontiformes) of a species flock in Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 49, 647–656.

Giardino, A., de Keizer, O., Schellekens, J. (2011). São Tomé and Príncipe: Adaptation to Climate Change. Climate variability and hydrogeomorphological study. Internal Report. *Deltares*. pp 44.

Gouriou, Y. (1993). The environment in the eastern tropical Atlantic. In 'Resources, Fishing and Biology of the Tropical Tunas of the Eastern Central Atlantic'. (Eds A. Fonteneau and J. Marcille.) *FAO Fisheries Document Paper 292*. (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): Rome.)

Gray, C. A., McElligott, D. J., Chick, R.C. (1996). Intra- and inter-estuary differences in assemblages of fishes associated with shallow seagrass and bare sand. *Mar Freshw Res* 47:723–735

Harrison, T. D. Whitfield, A. K. (1995). Fish community structure in three temporarily open/closed estuaries on the Natal coast (pp. 1-58). *JLB Smith Institute of Ichthyology*.

Heck, K. L., Able, K. W., Fahay, M. P., Roman, C. T. (1989). Fishes and decapod crustaceans of Cape Cod eelgrass meadows: species composition, seasonal abundance patterns and comparison with unvegetated substrates. *Estuaries* 12:59–65

Heck, K. L., Hays, G., Orth, R. J. (2003). Critical evaluation of the nursery role hypothesis for seagrass meadows. *Mar Ecol Prog Ser* 253:123–136.

Hecht, T., Zway, P. (1984). On the stunted Mocambique tilapia *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852)(Pisces: Cichlidae) of the Matiovila Hot Spring, Kruger National Park. *Koedoe*, 27(1), pp.25-38.

Heumüller, J. (2021). Fish Diversity in Mangroves of São Tomé Island (Gulf of Guinea). *Dissertação de Mestrado em Ecologia Marinha, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal*.

- Ho, J. S., Kim, I. H. (1997). Lernaeid copepods (Cyclopoida) parasitic on freshwater fishes of Thailand. *J. Nat. Hist.* 31. doi:10.1080/00222939700770061.
- Hosack, G. R., Dumauld, B. R., Ruesink, J. L., Armstrong, D. A. (2006). Habitat associations of estuarine species: comparisons of intertidal mudflat, seagrass (*Zostera marina*), and oyster (*Crassostrea gigas*) habitats. *Estuar Coast* 29:1150–1160.
- Hyslop E.J. (1980). Stomach contents analysis: a review of methods and their application. *J Fish Biol* 17, 411–429.
- Ivanova, N. V., Zemlak, T. S., Hanner, R. H., Hebert, P. D. N. (2007). Universal primer cocktails for fish DNA barcoding. *Molecular Ecology Notes*, 7(4), 544–548.
- James, N. P., Bruton, M. N. (1992). Alternative life-history traits associated with reproduction in *Oreochromis mossambicus* (Pisces: Cichlidae) in small water bodies of the eastern Cape, South Africa. *Environmental Biology of Fishes*, 34(4), pp.379-392.
- Jenkins, A. P. (2009). Impacts of tilapia on indigenous fishes and ecological processes on oceanic island: lessons from Fiji and the Pacific. In *Future Directions for Tilapia in the Pacific*. Secretariat of the Pacific Community Aquaculture Expert Consultation. Noumea, New Caledonia.
- Joiris, C. R., Azokwu, M. I. (1999). Heavy metals in the bivalve *Anadara (Senilia) senilis* from Nigeria. *Marine Pollution Bulletin*. 40:457-460.
- Khumalo, N. (2006). The fisheries potential of *Marcusenius pongolensis*, *Oreochromis mossambicus* and *Schilbe intermedius* in Mnjoli Dam, Swaziland (Master dissertation, Rhodes University).
- Kottelat, M., Whitten, T. (1996). Freshwater biodiversity in Asia with special reference to fish. World Bank Tech. Pap.
- Kurth, B. N., Peebles, E. B., Stallings, C. D. (2019). Atlantic Tarpon (*Megalops atlanticus*) exhibit upper estuarine habitat dependence followed by foraging system fidelity after ontogenetic habitat shifts. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 225, 106248.
- Lazzari, M. A., Sherman, S., Kanwit, J. K. (2003). Nursery use of shallow habitats by epibenthic fishes in Maine nearshore waters. *Estuar Coast Shelf Sci* 56:73–84.
- Ley, J. A., McIvor, C. C., Montague, C. L. (1999). Fishes in mangrove prop-root habitats of northeastern Florida Bay: distinct assemblages across an estuarine gradient. *Estuar Coast Shelf Sci* 48:701–723.
- Luo, J., Serafy, J. E., Sponaugle, S., Teare, P. B., Kieckbusch, D. (2009). Movement of gray snapper *Lutjanus griseus* among subtropical seagrass, mangrove, and coral reef habitats. *Mar Ecol Prog Ser* 380:255–269.

Maddern, M. G., Morgan, D. L., and Gill, H. S. (2007). Distribution, diet and potential ecological impacts of the introduced Mozambique mouthbrooder *Oreochromis mossambicus* Peters (Pisces: Cichlidae) in Western Australia. *J. R. Soc. West. Aust.* 90, 203–214.

Manning, R. B., Holthuis, L.B. (1981). West Africa Brachyuran Crabs (Crustacea: Decapoda). *Smithsonian Contributions to Zoology*. 306: 1-379.

Marchetti, M. P., Moyle, P.B. (2000). Spatial and temporal ecology of native and introduced fish larvae in lower Putah Creek, California. *Environmental Biology of Fishes* 58:75–87.

Mather, P. B., Arthington, A. H. (1991). An assessment of genetic differentiation among feral australian tilapia populations. *Mar. Freshw. Res.* 42, 721–728. doi:10.1071/MF9910721.

Mauel, M. J., Miller, D. L., Frazier, K., Liggett, A. D., Styer, L., Montgomery-Brock, D., et al. (2003). Characterization of a piscirickettsiosis-like disease in Hawaiian tilapia. *Dis. Aquat. Organ.* 53. doi:10.3354/dao053249.

McCrary, J. K., Murphy, B. R., Stauffer, J. R., Hendrix, S. S. (2007). Tilapia (Teleostei: Cichlidae) status in Nicaraguan natural waters. *Environ. Biol. Fishes* 78, 107–114. doi:10.1007/s10641-006-9080-x.

Mercado-Silva, N., Helmus, M. R., van der Zanden, M. J. (2009). The effects of impoundment and non-native species on a river food web in Mexico's central plateau. *River Res. Appl.* 25, 1090–1108. doi:10.1002/rra.1205.

Mitra, A. K., Bandyopadhyay, P. K. (2006). First record of ectoparasitic African Trichodinids (Ciliophora: Peritrichida) in a cichlid fish *Oreochromis mossambicus* (Peters 1852) from the Churni river system, West Bengal, India. *Anim. Biol.* 56, 323–333. doi:10.1163/157075606778441912.

Moralee, R. D., Van Der Bank, F. H., Van Der Waal, B. C. W. (2000). Biochemical genetic markers to identify hybrids between the endemic *Oreochromis mossambicus* and the alien species, *O. niloticus* (Pisces: Cichlidae). *Water SA* 26, 263–265.

Morgan, D. L., Gill, H. S., Maddern, M. G., Beatty, S. J. (2004). Distribution and impacts of introduced freshwater fishes in Western Australia. *New Zeal. J. Mar. Freshw. Res.* 38, 511–523. doi:10.1080/00288330.2004.9517257.

Moser, H.G. (1996). The Early Stages of Fishes in the California Current Region. H. Geoffrey Moser. *The Quarterly Review of Biology*, Atlas No33.

Nagelkerken, I., van der Velde, G., Gorissen, M. W., Meijer, G. J., van't Hof, T., den Hartog, C. (2000). Importance of mangroves, seagrass beds and the shallow coral reef as a nursery for important coral reef fishes, using a visual census technique. *Estuar Coast Shelf Sci* 51:31–44

Nelson, J. S., Grande, T. C., Wilson, M. V. H. (2016). *Fishes of the World: Fifth Edition*. *Fishes of the World: Fifth Edition* (Wiley Blackwell).

- Oliver P. G., von Cosel, R. (1992). Taxonomy of tropical West African bivalves. IV. Arcidae. Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle Paris, 4e sér., sect A, 14: 293-381
- Olugbenga, E., Oloko, L. R. T. (2013). Growth patterns, sex ratios and fecundity estimates in blue crab (*Callinectes amnicola*) from Yewa River, southwest Nigeria. Advances in Life Science and Technology 7:24-33.
- Otchere, F. A. (2020). Population patterns, biology and ecology of bivalves from lagoons and rocky shores in Ghana. International Journal of Research -Granthaalayah 8; 53–66.
- Paperna, I. (1996). Parasite, Infections and Disease of Fishes in Africa—An Update. CIFA Technical Paper, 31, 1-220.
- Pérez, J., Salazar, S., Alfonsi, C., Ruiz, L. (2003). Ictiofauna del río Manzanares: a cuatro décadas de la intriducción de la tilapia negra *Oreochromis mossambicus* (Pisces: Cichlidae). Boletín Ocean. Venez. 42, 29–35.
- Pet, J. S., Piet, G. J. (1993). The consequences of habitat occupation and habitat overlap of the introduced tilapia *Oreochromis mossambicus* and indigenous fish species for fishery management in a Sri Lankan reservoir. J. Fish Biol. 43. doi:10.1111/j.1095-8649.1993.tb01187.x.
- Pethiyagoda, R. (1994). Threats to the indigenous freshwater fishes of Sri Lanka and remarks on their conservation. Hydrobiologia 285, 189–201. doi:10.1007/BF00005666.
- Philippart, J. C., Ruwet, J. C. (1982). “Ecology and distribution of tilapias” in The Biology and culture of tilapias, ed. and R. H. L.-M. R. S. V. Pullin (ICLARM conference proceedings 7, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines), 15–59.
- Pisoni, T., de Lima, R. F., Brito, A. C., Chainho, P., Félix, P. M., Caçador, I., et al. (2015). Abordagem ecossistémica integrada para a conservação e gestão da biodiversidade na zona tampão dos parques naturais Obô de São Tomé e Príncipe: Planos de gestão participativa para dois sítios de mangal na Ilha de S. Tomé (Praia das Conchas e Malanza). São Tomé.
- Potter, I. C., Tweedley, J. R., Elliott, M., Whitfield, A. K. (2015). The ways in which fish use estuaries: a refinement and expansion of the guild approach. Fish Fish 16:230–239.
- Primavera, J.H. (1997). Fish predation on mangrove-associated penaeids: the role of structures and substrate. J Exp Mar Biol Ecol 215:205–216.
- Pugh, D.T. (1987). Tides, surges and mean sea-level: a handbook for engineers and scientists. Wiley, Chichester, 472pp.
- Rakocinski, C. F., Baltz, D. M., Fleeger, J. W. (1992). Correspondence between environmental gradients and the community structure of marsh-edge fishes in a Louisiana estuary. Mar Ecol Prog Ser 80:135–148.
- Randall, J. E. (1987). Introductions of marine fishes to the Hawaiian Islands. Bull. Mar. Sci. 41.

Regi, S. R., Biju Kumar, A. (2018). Trophic impact of invasive mosambique tilapia *Oreochromis mossambicus* on indigenous fish groups in Veli-Akkulam lake, Kerala, India: an ecopath modeling approach. in Proceedings of International Biodiversity Congress (IBC 2018) - Biodiversity: Threats and Conservation Strategies (Dehradun, India), 476–483.

Rice, M.A. (2011). Status Report on Bivalve Aquaculture and Water Quality Activities. Gambia-Senegal Sustainable Fisheries Project, Coastal Resources Center, University of Rhode Island. 12p.

Robinson, J., Avenant-Oldewage, A. (1997). Chromium, copper, iron and manganese bioaccumulation in some organs and tissues of *Oreochromis mossambicus* from the lower Olifants River, inside the Kruger National Park. *Water Sa*, 23(4), pp.387-403.

Rozas, L. P., Minello, T. J. (1998). Nekton use of salt marsh, seagrass, and nonvegetated habitats in a south Texas (USA) estuary. *Bull Mar Sci* 63:481–501

Schmitter-Soto, J. J., Caro, C. I. (1997). Distribution of tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Perciformes: Cichlidae), and water body characteristics in Quintana Roo, Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 45, 1257–1261.

Shannon, C.E., Weaver, W. (1963). *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press. 144p.

Sogard, S. M., Able, K. W. (1991). A comparison of eelgrass, sea lettuce macroalgae, and marsh creeks as habitats for epibenthic fishes and decapods. *Estuar Coast Shelf Sci* 33:501–519

Stinson, D. W., Ritter, M. W., Reichel, J. D. (1991). The Mariana Common Moorhen: Decline of an Island Endemic. *The Condor* 93: 38-43.

Tokeshi, M. (1991). Graphical analysis of predator feeding strategy and prey importance. *Freshwater Forum* 1, 179–183.

Udoh, J. P., Ekpo, I. E. (2017). Diet-Morphology Relationships of Some Fish Species in the Cross River Estuary, Southeast Nigeria. *International Journal of Fisheries and Aquaculture Research*, 3(2): 10-29.

Unsworth, R. K. F., De León, P.S., Garrard, S. L., Jompa, J., Smith, D. J., Bell, J. J. (2008). High connectivity of Indo-Pacific seagrass fish assemblages with mangrove and coral reef habitats. *Mar Ecol Prog Ser* 353:213–224

Unsworth, R. K. F., Bell, J. J., Smith, D. J. (2007). Tidal fish connectivity of reef and sea grass habitats in the Indo-Pacific. *J Mar Biol Ass UK* 87:1287–1296

Unsworth, R. K. F., Garrard, S. L., De León, P. S., Cullen, L. C., Smith, D. J., Sloman, K. A., Bell, J. J. (2009). Structuring of Indo-Pacific fish assemblages along the mangrove-seagrass continuum. *Aquat Biol* 5:85–95

- Uwe, U., Ulrich, S.-P. (2003). Observations of fish migration in a macrotidal mangrove channel in northern Brazil using a 200-kHz split-beam sonar. *Aquat Living Resour* 16:175–184
- van der Geest, M., van der Lely, J. A. C., van Gils, J. A., Piersma, T., Lok, T. (2019). Density-dependent growth of bivalves dominating the intertidal zone of Banc d'Arguin, Mauritania: importance of feeding mode, habitat and season. *Mar Ecol Prog Ser* 610: 51-63.
- Van der Waal, B. C. W., Bills, R. (2000). *Oreochromis niloticus* (Teleostei: Cichlidae) now in the Limpopo River system. *South African Journal of Science*, 96(1), pp.47-48.
- Vance, D. J., Haywood, M. D. E., Heales, D. S., Kenyon, R. A., Loneragan, N. R., Pendrey, R. C. (1996). How far do prawns and fish move into mangroves? Distribution of juvenile banana prawns *Penaeus merguensis* and fish in a tropical mangrove forest in northern Australia. *Mar Ecol Prog Ser* 131:115–124
- Vilizzi, L., et al. (2021). A global-scale screening of non-native aquatic organisms to identify potentially invasive species under current and future climate conditions. *Science of the Total Environment*, 788, 147868. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147868>
- Ward, R. D., Zemplak, T. S., Innes, B. H., Last, P. R., Hebert, P. D. N. (2005). DNA barcoding Australia's fish species. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1462), 1847–1857.
- Webb, A. C. (1994). Ecological aspects of the Mozambique mouthbrooder, *Oreochromis mossambicus*, and other introduced cichlids in northern Queensland. *Dissertação de Mestrado*, James Cook University, Townsville, Australia: 70 pp.
- Webb, A. C. (2003). The ecology of invasions of non-indigenous freshwater fish in north Queensland. *Dissertação de Doutorado*, School of Tropical Biology, James Cook University, Townsville, Australia: 352 pp.
- Webb, A. C. (2008). Spatial and temporal influences on population dynamics of a branchiuran ectoparasite, *Argulus* sp. A, in fresh waters of tropical northern Queensland, Australia. *Crustaceana* 81: 1055–1067. doi:10.1163/156854008X360806.
- Weyl, O. L. F., Hecht, T. (1998). The biology of *Tilapia rendalli* and *Oreochromis mossambicus* (Pisces: Cichlidae) in a subtropical lake in Mozambique. *African Zoology*, 33(3), pp.178-188.
- Whitfield, A. K. (2017). The role of seagrass meadows, mangrove forests, salt marshes and reed beds as nursery areas and food sources for fishes in estuaries. *Rev Fish Biol Fisheries*, 27: 75-110.
- Whitfield, A. K., James, N. C., Lamberth, S. J., Adams, J. B., Perissinotto, R., Rajkaran, A., Bornman, T. (2016). The role of pioneers as indicators of biogeographic range expansion caused by global change in southern African coastal waters. *Estuar Coast Shelf Sci* 172:138–153.

Whitfield, A. K., Pattrick, P. (2015). Habitat type and nursery function for coastal marine fish species, with emphasis on the Eastern Cape region, South Africa. *Estuar Coast Shelf Sci* 160:49–59.

Whitfield, A. K., Taylor, R. H., Fox, C., Cyrus, D.P. (2006). Fishes and salinities in the St Lucia estuarine system—a review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 16(1), p.1.

Wilson, J. R., Saunders, R. J., Hutson, K. S. (2019). Parasites of the invasive tilapia *Oreochromis mossambicus*: Evidence for co-introduction. *Aquat. Invasions* 14, 332–349. doi:10.3391/ai.2019.14.2.11.

Wolff, W. J., Gueye, A., Meijboom, A., Piersma, T., Sall, M. A. (1987). Distribution, biomass, recruitment and productivity of *Anadara senilis* (L.) (Mollusca: Bivalvia) on the Banc d'Arguin, Mauritania. *Netherlands Journal of Sea Research*, 21: 243-253.

Yankson, K. (1982). Gonad maturation and sexuality in the west african bloody cockle, *Anadara senilis* (L.). *Journal of Molluscan Studies* 48: 294–301.

ANEXO I: INQUÉRITO IDENTIFICAÇÃO NOMES COMUNS

Espécie 1

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



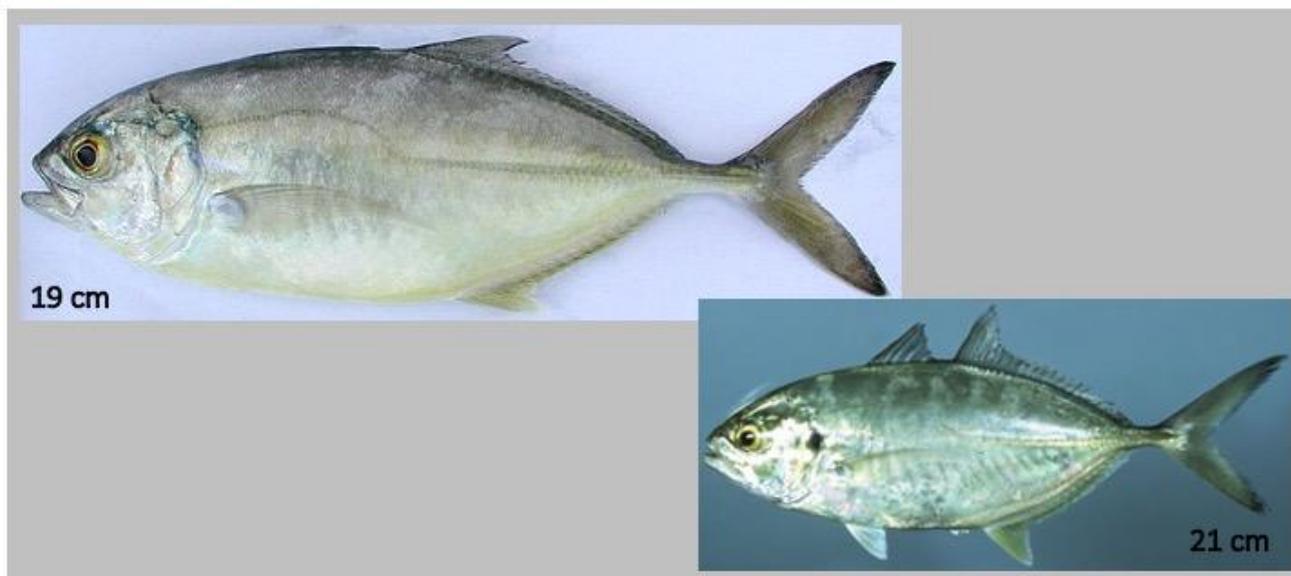
Espécie 2

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 3

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 4

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 5

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 6

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 7

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 8

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



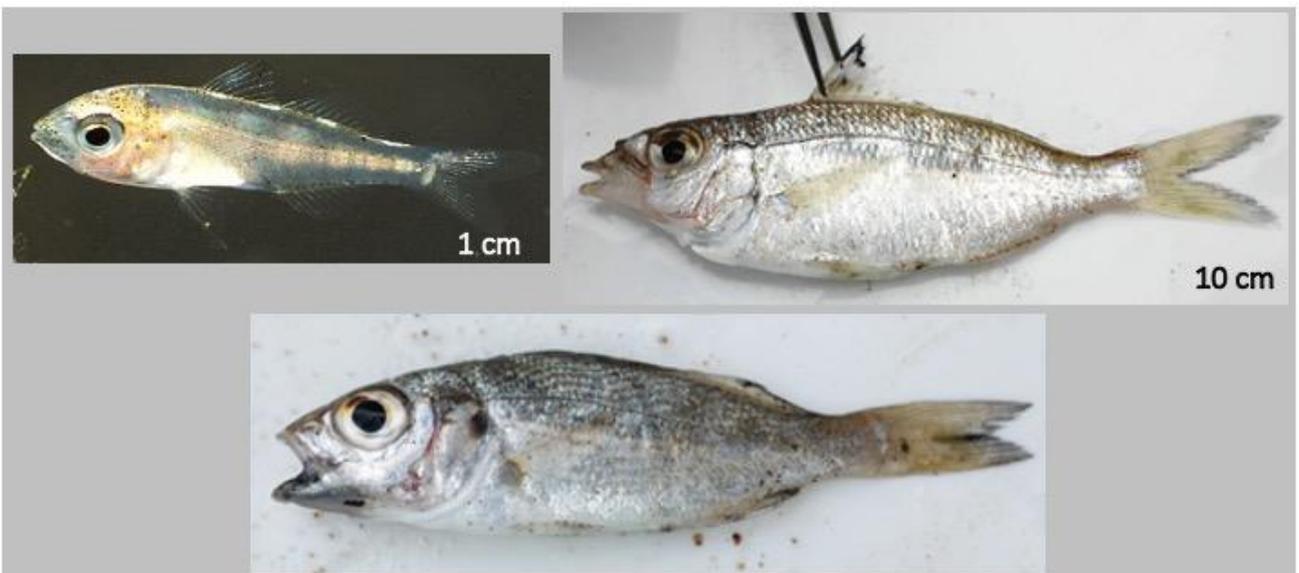
Espécie 9

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 10

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 11

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 12

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 13

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 14

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 15

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



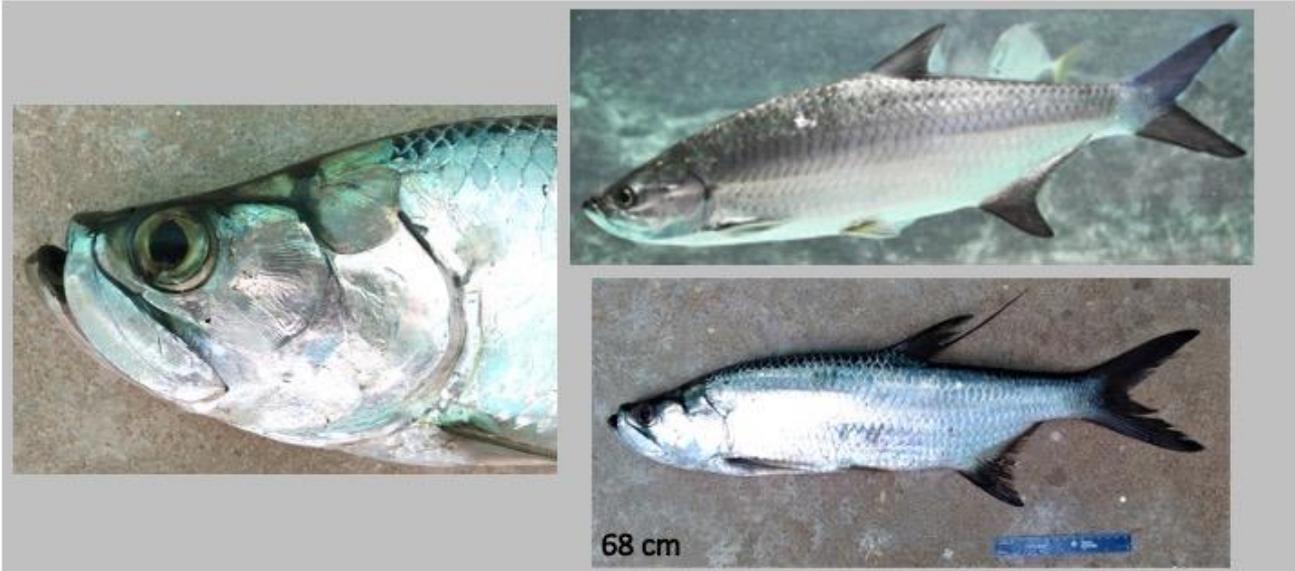
Espécie 16

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 17

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 18

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 19

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 20

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 21

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



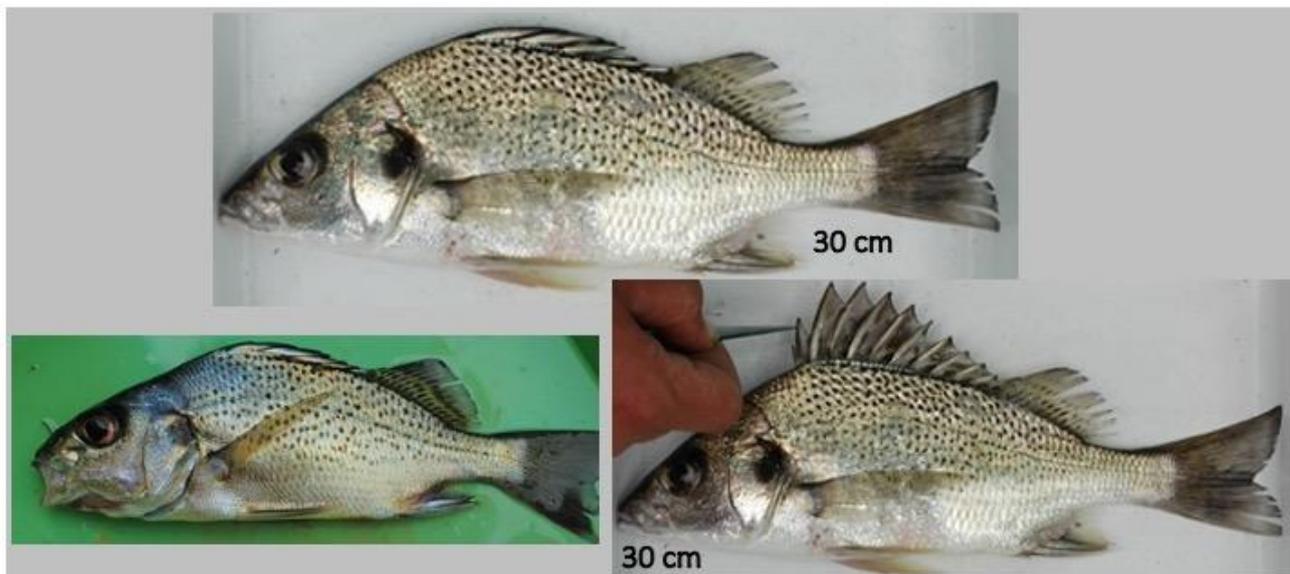
Espécie 22

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 23

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 24

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 25

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 21

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 27

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



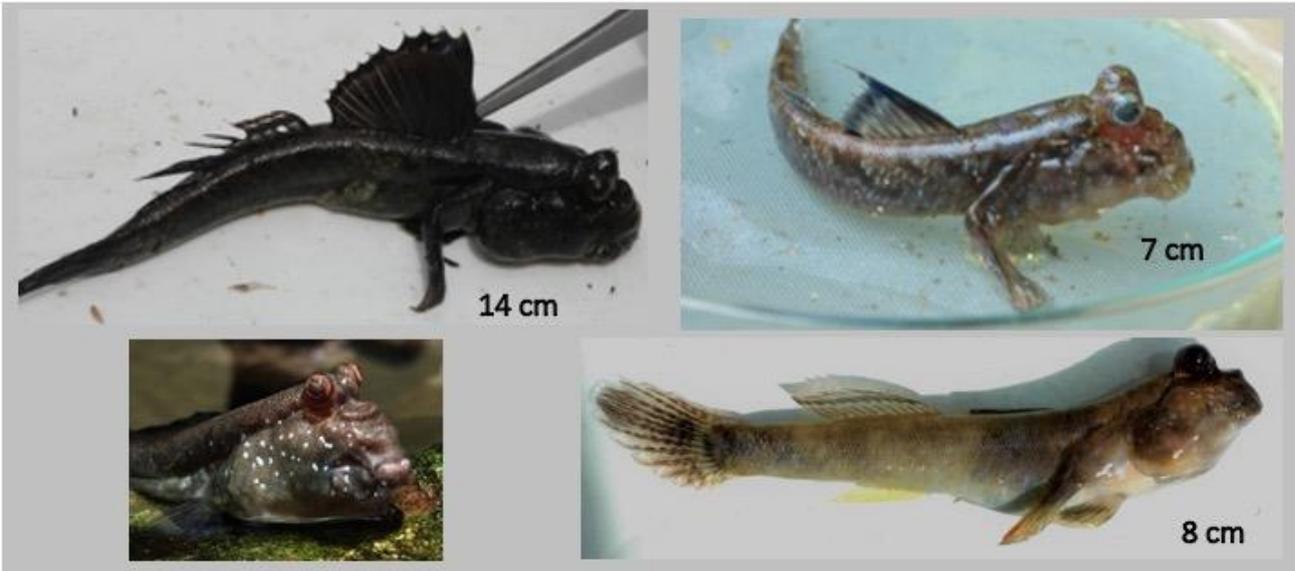
Espécie 28

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



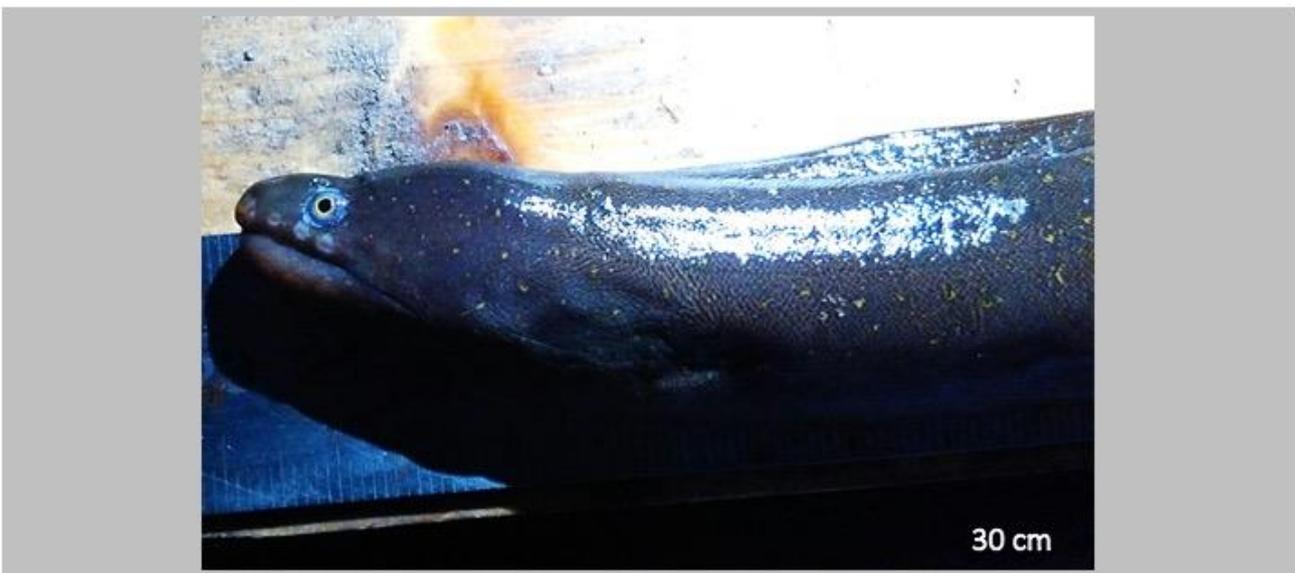
Espécie 29

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 30

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 31

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 32

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 33

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 34

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 35

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 36

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 37

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



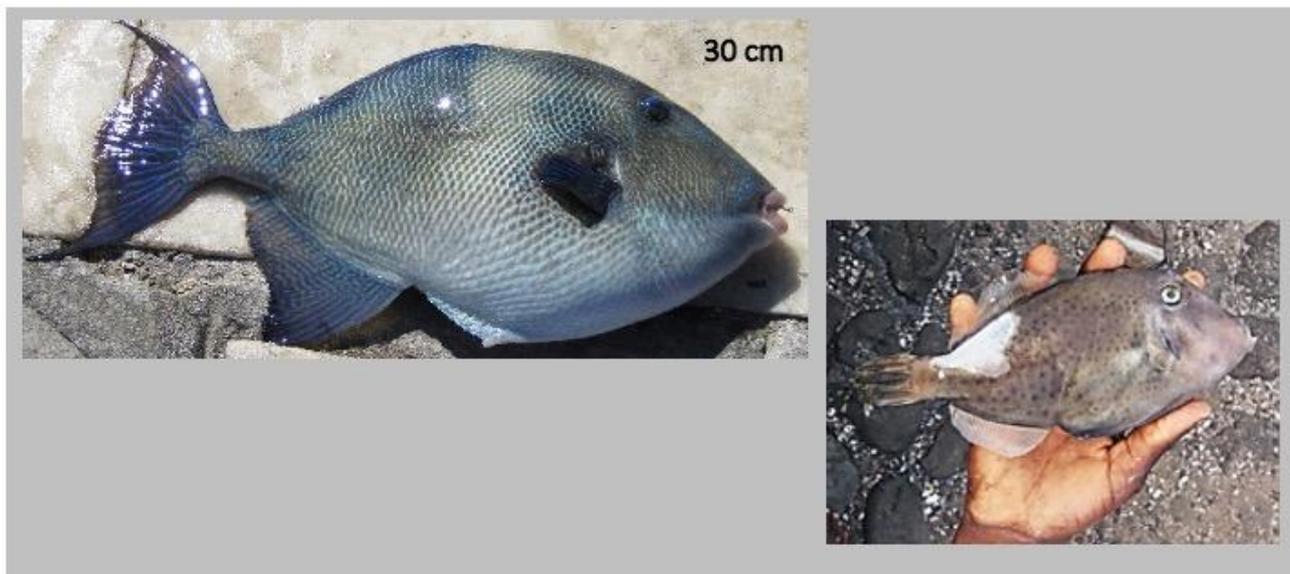
Espécie 38

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 39

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



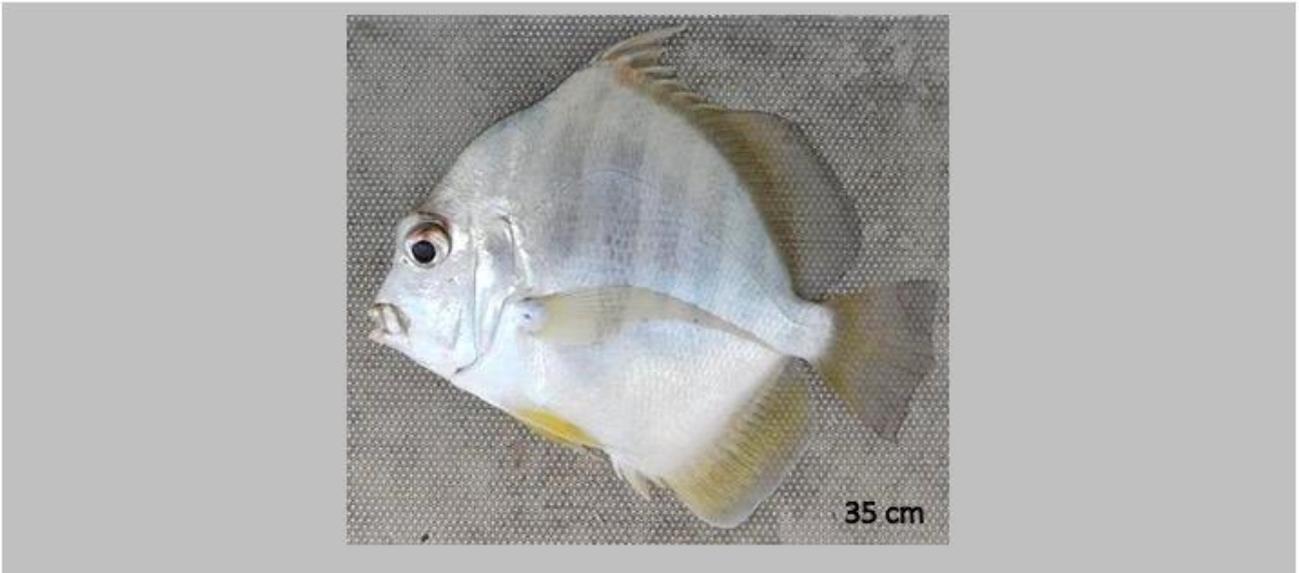
Espécie 40

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 41

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 42

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 43

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 44

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Espécie 45

Conhece esta espécie?
É habitual aparecer na zona de mangal?
Qual o nome da espécie?



Há mais alguma espécie que apareça na zona de mangal?
Quais?

Chefe de Praia	Nome comum

ANEXO II: PÓSTER ESPÉCIES COMERCIAIS

Anexo com ficheiro separado

ANEXO III: INQUÉRITO SOBRE ESPÉCIES COM INTERESSE COMERCIAL

Espécie	Local	1	2	3	4	5	6
Qual o nome pelo qual é conhecido?							
É apanhado para comer/vender?							
Onde é apanhado?							
É apanhado muitas vezes?							
Apanham muito ou pouco?							

Espécie 1	Espécie 2	Espécie 3	
			
Espécie 4	Espécie 5		Espécie 6
 	 		 

ANEXO IV: PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO



MARE oikos
cooperação e desenvolvimento



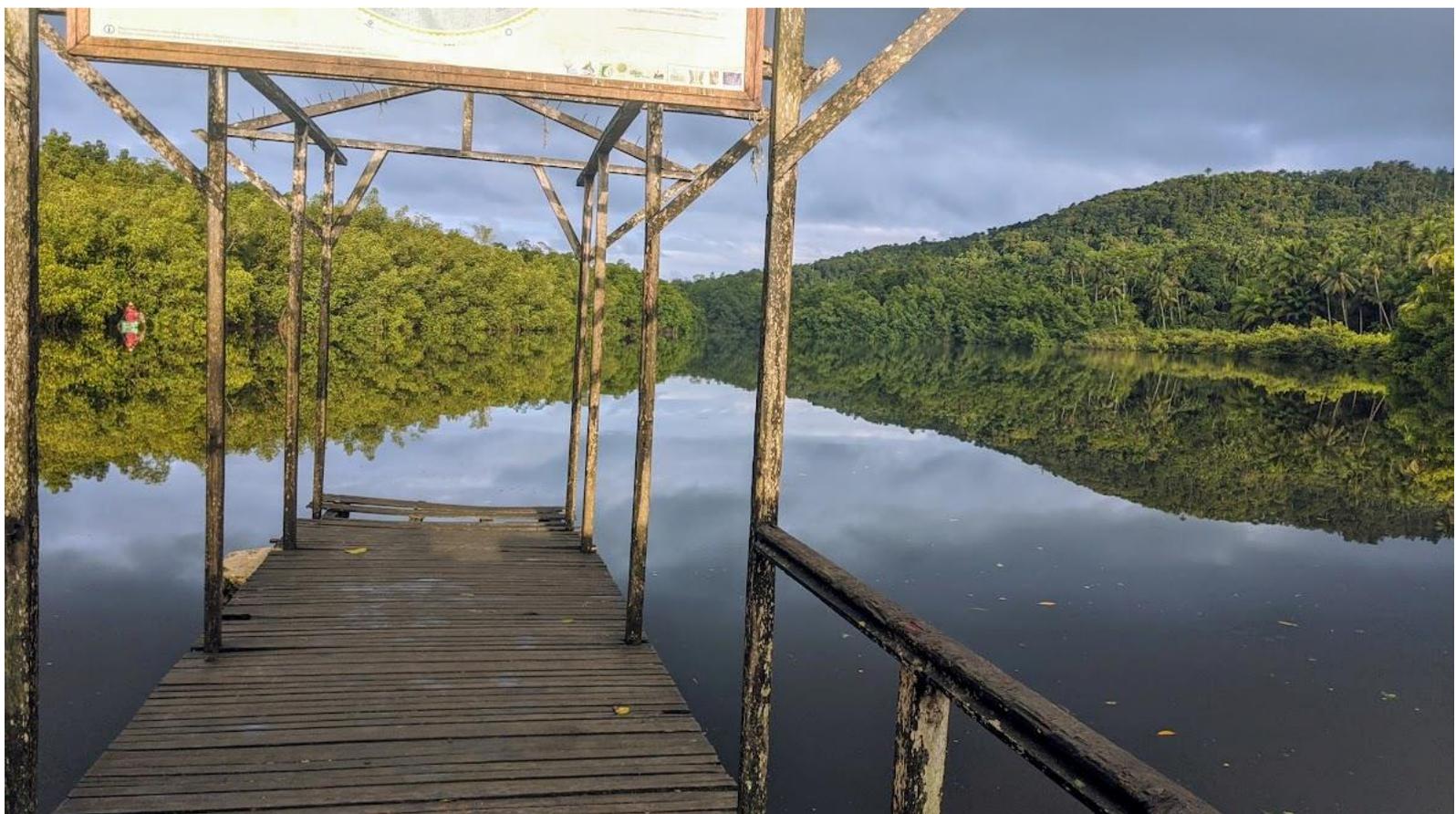
CEBC
Centre for Ecology, Evolution and Environmental Changes



Protocolo de Monitorização dos Mangais de São Tomé

Protocolo de amostragem

Financiado por:



Lisboa, 2021

Equipa de elaboração e revisão

Nome	Instituição
Pedro M. Félix (coordenação da componente)	MARE
Diogo Dias	MARE
Filipa Afonso	MARE
Joshua Heumüller	MARE
Ricardo Lima	Ce3C
Ana Brito	MARE
Filipe Ribeiro	MARE
Paula Chainho	MARE
Goia Galduroz (coordenação OIKOS)	OIKOS
Bruno Silva (coordenação do projecto)	OIKOS

Índice

Equipa de elaboração e revisão	ii
1. Introdução	1
2. Considerações metodológicas	2
3. Amostragem	3
• Caracterização abiótica	3
3.1. Parâmetros ambientais	3
3.2. Comunidades fitoplanctónicas	7
3.3. Substrato (Granulometria e Matéria Orgânica)	4
3.2. Caracterização biótica	5
3.2.1. Larvas de peixe	5
3.2.2. Peixes juvenis e em fase adulta	7
4. Base de dados & Interpretação dos dados.....	10
5. Referências bibliográficas	12
6. Anexo I	13
7. Anexo II.....	16

Índice de Figuras

Figura 1 Sonda multiparamétrica e *logger* para leitura dos dados em medição

Figura 2 Exemplo de um sistema de rampa de filtração e copos associados

Figura 3 Vórtex (A) usado para homogeneizar a amostra e espectrofotómetro (B) usado para ler a absorbância da amostra

Figura 4 Rede de plâncton (A) rede e copo de recolha (B) rede em utilização com indicação da direcção da corrente (C) fluxómetro, instrumento que pode ser fixado à rede para quantificação do volume filtrado

Índice de Tabelas

Tabela 1 Variáveis que deverão ser incluídas na base de dados

Tabela 2 Exemplo do cabeçalho e preenchimento da base de dados dos parâmetros abióticos

Tabela 3 Exemplo do cabeçalho e preenchimento da base de dados da comunidade piscícola

1. Introdução

- **O projecto**

O projecto *Gestão participativa dos Mangais de Malanza e Praia das Conchas*, financiado pelo CEPF, tem como objectivo principal promover, actualizar e implementar os planos de gestão participativa para os mangais de Malanza e Praia das Conchas, desenvolvidos pela primeira vez em 2015 (Loloum *et al.*, 2015a; Loloum *et al.*, 2015b). Este projecto envolve organizações de diferentes áreas de forma a integrar os diversos aspectos da gestão sustentável: OIKOS (promotor), MARE, Ce3C, Direcção do PNOST e os projectos ECOFAC 6, TRI/FAO e Herbário/CEPF.

Além disso, o projecto pretende incluir as comunidades locais na gestão dos sistemas de mangal e promover o conhecimento científico sobre os mesmos, valorizando os mangais de São Tomé e reduzindo as ameaças à sua conservação.

Este trabalho surge na sequência de um levantamento realizado em 2014 no âmbito do projecto “Abordagem ecossistémica integrada para a conservação e gestão da biodiversidade na zona tampão dos Parques Naturais Obô de São Tomé e Príncipe”. Este foi o primeiro estudo realizado nos mangais de São Tomé, que permitiu avaliar o tipo de flora e fauna aí presentes, assim como as ameaças mais comuns e as principais contribuições dos mangais para as comunidades locais (Pisoni *et al.*, 2015). Em 2017, foi realizada uma segunda campanha nos mangais de São Tomé, que incluiu alguns mangais fora do PNOST (Afonso, 2019; Afonso *et al.*, 2021; Heumüller, 2021).

- **Protocolo de amostragem**

Este protocolo de amostragem visa instruir o trabalho de monitorização em ecossistemas de mangal da ilha de São Tomé para manutenção da qualidade do ambiente e detecção de alterações a nível do ecossistema. Serão sugeridos vários procedimentos necessários para o levantamento de variáveis bióticas e abióticas, a metodologia sugerida deverá ser repetida em todas as campanhas de monitorização e incluirá a medição de parâmetros no local, recolha de amostras e procedimentos para transporte e análise das amostras. Por fim, será também considerado o protocolo necessário para a colheita e tratamento estatístico dos dados da amostragem.

2. Considerações metodológicas

Previamente ao trabalho de amostragem, é necessário considerar a preparação de alguns aspectos, que deverão ser definidos entre toda a equipa que será responsável pela preparação, realização, transporte e análise dos dados resultantes.

No momento de selecção dos sistemas a monitorizar deve considerar-se a repetição, ou seja, serão revisitados com a mesma metodologia e deverá ser garantido o acesso regular aos locais amostrados.

Cada momento de amostragem deverá ocorrer com intervalos iguais de distanciamento temporal, e deverá ser num período idêntico do ciclo de maré (enchente/vazante). A monitorização é realizada de forma a incluir recolha de dados de cada uma das estações do ano, para que ocorra uma comparação entre as mesmas e uma compreensão da dinâmica de variação dos parâmetros no tempo.

Dentro de cada sistema ocorrerá uma avaliação prévia de alguns parâmetros abióticos identificados na literatura, de forma a classificar o sistema segundo sub-áreas. Isto é, para identificação dos locais de amostragem dentro de um mangal, serão medidos vários parâmetros, cada área terá uma variação mínima dos mesmos parâmetros, de forma a classificar o sistema por áreas de homogeneidade, comumente de acordo com o gradiente salino e tipo de cobertura do leito.

3. Amostragem

- Caracterização abiótica

3.1. Parâmetros ambientais

A amostragem de parâmetros ambientais é importante para apurar variações na dinâmica do mangal e a influência da maré. A longo prazo estes dados permitirão analisar as variações a nível da coluna de água influenciadas por modificações estruturais no sistema e até causadas por efeitos das alterações climáticas.

3.1.1. Trabalho de campo

Em todos os pontos de amostragem serão medidos e registados os parâmetros ambientais. Inicialmente deverão ser apontadas em folha de campo (exemplo **Anexo I**) informações como dia, hora, estado da maré (*i.e.*, maré cheia, vazia, enchente ou vazante) e pluviosidade (*i.e.*, se choveu recentemente). Posteriormente, deverá ser usada uma sonda multiparamétrica (**Fig. 2**) para medição de parâmetros como temperatura, salinidade e oxigénio dissolvido. Estes valores deverão ser recolhidos e apontados a cada leitura, após estabilização do valor, e cada leitura deverá ser repetida a cada 0,5 m de profundidade, a começar da superfície, de forma a obter-se um perfil da coluna de água. Este perfil permite avaliar as camadas da coluna de água, especialmente importantes em sistemas de transição com entrada de massas de água doce e salgada. A medição deverá ser única num determinado ponto, sempre que a profundidade não permita estes intervalos de profundidade. Contudo, mesmo em profundidades baixas ($\approx 0,5$ m) é possível ocorrer estratificação, pelo que a condição deverá ser avaliada no local com recurso à sonda.

Quando não é possível o uso de uma sonda multiparamétrica os parâmetros devem ser determinados manualmente, devendo-se recolher duas amostras, uma de superfície e outra de fundo, com recurso a uma garrafa de Van Dorn horizontal, de modo a determinar se existe estratificação da coluna de água. Neste caso, a recolha deverá ser feita primeiro à superfície e por último no fundo, para evitar induzir a mistura de águas aquando do uso da garrafa. A Van Dorn é uma garrafa que, por princípio, é submersa aberta e fecha por acção de um mensageiro (geralmente na forma de um peso que acciona o mecanismo de fecho) à profundidade desejada (**Fig. 3**). A simplicidade desta ferramenta permite a sua construção manual, sem recurso à aquisição comercial.

A temperatura deve ser determinada com recurso a um termómetro, este deve ser inserido na amostra de água até estabilizar.

A salinidade deve ser determinada com recurso a um refratómetro, aquando da medição um branco de água destilada deve ser lido para confirmar que o equipamento está devidamente calibrado, após isso uma amostra deve ser colocada com recurso a uma pipeta para determinar a salinidade da amostra.

A concentração de oxigénio deve ser determinada com recurso à titulação de Winkler (secção 3.1.1.2.).



Figura 2 Exemplo de sonda multiparamétrica e *logger* para leitura dos dados em medição

Durante o uso da sonda tem que se garantir a remoção das protecções dos sensores de leitura, uma vez que com os mesmos não será possível obter os dados desejados. Também se deverá ter em atenção a segurança do material, *i.e.* garantir que a sonda está bem conectada ao *logger* e presa com os devidos mecanismos, e evitar que a mesma bata no fundo, não só pelos danos causados no material, mas também para evitar a ressuspensão do sedimento e alteração das condições abióticas. A calibração prévia da sonda para os parâmetros que irão ser medidos é também essencial para se poderem obter medições fidedignas.

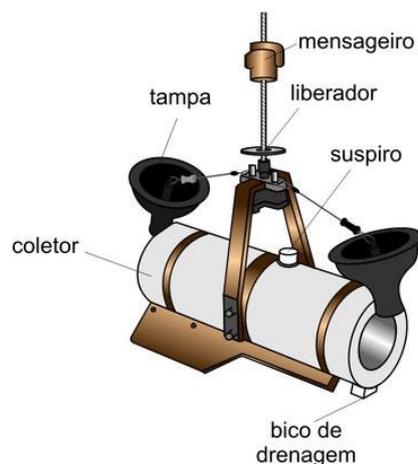


Figura 3. Desenho esquemático de uma garrafa Van Dorn horizontal.

3..1.2. Medição da concentração de oxigénio (alternativa à sonda)

A titulação de Winkler é um método que permite a medição dos níveis de oxigénio em laboratório.

3..1.2.1. Material e reagentes necessários:

1. Frasco de Winkler
2. 2 ml de sulfato de manganês
3. 2 ml de iodeto-azida alcalino
4. 2 ml de ácido sulfúrico concentrado
5. 2 ml de solução de amido
6. Tiosulfato de sódio

Esses reagentes estão disponíveis em kits de campo de oxigénio dissolvido, como os fabricados pela *Hach Company*. Aconselha-se cuidado ao usar os reagentes, pois podem ser prejudiciais à saúde.

3..1.2.2. Procedimento durante o trabalho de campo

Durante o trabalho de campo, em cada local de amostragem:

1. Enche-se cuidadosamente um frasco de Winkler (**Fig. 4**) com tampa de vidro de 300 ml, ou similar transparente, até ao limite com a amostra.
2. Imediatamente após a colheita, 2 ml de sulfato de manganês são adicionados ao frasco com a amostra, inserindo a pipeta calibrada logo abaixo da superfície do líquido (se o reagente for adicionado acima da superfície da amostra, oxigénio será

introduzido na amostra, alterando o resultado). A pipeta deve ser apertada lentamente para que nenhuma bolha seja introduzida através da pipeta.

3. Seguidamente, 2 ml de reagente de iodeto-azida alcalino devem ser adicionados da mesma forma.
4. O frasco é tapado com cuidado para garantir que nenhum ar é introduzido. Mistura-se a amostra invertendo várias vezes o frasco. Se houver bolhas de ar, deve descartar-se a amostra e reiniciar o processo. Na presença de oxigénio ocorre uma nuvem de precipitado ou flocos de tom laranja-acastanhado. Quando este floculado assentar no fundo, mistura-se a amostra novamente da mesma forma e deixa-se assentar novamente.
5. Seguidamente, adiciona-se 2 ml de ácido sulfúrico concentrado por meio de uma pipeta logo acima da superfície da amostra. Tapa-se e inverte-se cuidadosamente várias vezes para dissolver o floco. Neste ponto, a amostra está fixada e pode ser armazenada até 8 horas se mantida em local fresco e escuro.

3.1.1.2.3 Procedimento no trabalho de laboratório

6. Num frasco de vidro, titula-se 20 ml da amostra com tiosulfato de sódio até obter um tom amarelo-clara. Titula-se soltando lentamente a solução de titulante de uma pipeta calibrada no frasco e mexendo ou girando continuamente a água da amostra.
7. A esta solução adiciona-se 2 ml da solução de amido, que resultará num tom azul
8. Continuar a adicionar titulante à amostra até que esta se torne transparente. Cada gota deve estar totalmente misturada na amostra antes de adicionar a próxima. Quando a amostra está quase a tornar-se transparente cada gota tem de ser adicionada cuidadosamente para se poder estimar corretamente a concentração, pois apenas uma gota do titulante tornará a solução transparente. Esta verificação poderá ser realizada contra uma folha branca para aumentar o contraste e confirmar a ausência da cor azul.

A concentração de oxigênio dissolvido na amostra é equivalente ao número de mililitros de titulante usado. Cada ml de tiosulfato de sódio adicionado nas etapas 6 e 8 é igual a 1 mg / L de oxigênio dissolvido.



Figura 4. Frasco de Winkler (a) para colheita e armazenamento de amostra de água para determinação de oxigénio e exemplo de frasco similar alternativo (b).

3..2. Comunidades fitoplanctónicas

A produtividade primária constitui a base da teia alimentar de um sistema aquático, e toda a biodiversidade no mesmo está dependente da presença e do consumo dos vários grupos da comunidade fitoplanctónica. A quantificação da clorofila *a* por espectrofotometria pode ser usada como um *proxy* para a quantificação da biomassa de fitoplâncton existente na coluna de água.

3..2.1. Material necessário

- | | |
|--|------------------------------|
| 1 Garrafas de plástico para recolha de água
(Nº de locais de amostragem x3) | 10 Vareta de vidro; |
| 2 Rampa de filtração e material associado
(tubos e copos para deposição da amostra); | 11 Acetona a 90%; |
| 3 Bomba de pressão; | 12 Vórtex; |
| 4 Filtro GF/F de 47 mm (poro 0,7 um); | 13 Centrifugadora; |
| 5 Folhas de alumínio; | 14 Pipeta; |
| 6 Pinças; | 15 Espectrofotómetro; |
| 7 Etiquetas e material de escrita; | 16 HCl a 0,5 M; |
| 8 Arca a - 20°C; | 17 Extran a 1%; |
| 9 Tubos de ensaio (1 por cada replicado); | 18 Água destilada; |
| | 19 Estufa. |

3..2.2. Procedimento durante o Trabalho de Campo

No sistema de mangal são recolhidas amostras de água à superfície, a recolha deve ser realizada em triplicado, deverá ser recolhido pelo menos 1,5 L de água por replicado de forma a garantir que existe amostra suficiente para o restante processo. Cada garrafa deve ser devidamente identificada. No momento antes da colheita, a garrafa deverá ser lavada três vezes com a água do local de amostragem antes de se recolher a amostra, de forma a garantir que não há contaminações da garrafa. No momento de recolha da amostra deve evitar-se a área onde foi recolhida e despejada a água de lavagem da garrafa, mais uma vez para evitar contaminações. Após a colheita da amostra, estas devem ser mantidas numa arca a baixas temperaturas de forma a evitar que ocorra degradação da matéria orgânica.

3..2.3. Procedimento durante o Trabalho de Laboratório

As amostras recolhidas serão filtradas usando uma rampa de filtração ligada a uma bomba de pressão, que força a passagem da água por um filtro GF/F de 47 mm (com poro de 0,7 μm). Na rampa de filtração são colocados os copos que suportarão a água da amostra (**Fig. 5**) e os filtros. Durante a filtração o filtro nunca poderá ficar completamente seco. Previamente ao despejo da água nos copos de filtração, a amostra deve ser agitada de forma a garantir a ressuspensão da matéria e homogeneidade da mesma. Este processo deverá decorrer até o filtro ficar colmatado (*i.e.*, filtro com cor mais intensa e visível), porém, o processo não se deve alongar além dos 30 minutos, pois isto implicará degradação da amostra. Quando finalizado o processo, o filtro deverá ser dobrado em quatro, garantindo que a amostra recolhida está na face interior, e guardar num invólucro de folha de alumínio, devidamente identificada. Todas as amostras devem ser identificadas com o local, dia, hora e volume filtrado. Para cálculos de quantificação *a posteriori*, na folha de campo deverão ser registados os valores filtrados de cada um dos replicados e qualquer outra informação adicional que possam influenciar a contaminação durante o processo. As amostras poderão ser conservadas a -20°C , por um período máximo de 3 semanas.



Figura 5. Exemplo de um sistema de rampa de filtração e copos associados

Após descongelar o filtro, num local escuro, retirá-lo do embrulho e colocá-lo num tubo de ensaio. Este, deverá ter sido previamente mantido em banho de imersão de Extran (concentração de 1%), durante pelo menos 24 horas, sendo depois lavado e enxaguado 3 vezes com água destilada corrente e posteriormente seco em estufa a 50°C. O filtro colocado no tubo deverá ser macerado, com auxílio de uma vara de vidro, com um volume de 6 ml de acetona a 90%, como um solvente orgânico irá extrair a clorofila da amostra. Para facilitar o processo, inicialmente apenas se adicionam 3 ml de acetona e só mais tarde quando o filtro já está bastante desfeito são adicionados os restantes 3 ml de forma a limpar o material usado na maceração. Por fim, o tubo deverá ser tapado com alumínio de forma a evitar contaminações. A mistura deverá ser colocada num agitador de bancada (vortex) e de seguida conservada de novo a -20°C.

Após 24h, a amostra é recolhida do local de conservação, descongelada e centrifugada, a 4000 rpm durante 15 min a 4°C.

Antes da leitura das amostras no espectrofotómetro, deve ser lido um branco, que permitirá comparar os valores das leituras das amostras. Este branco é composto por acetona a 90%. De seguida, usando uma pipeta recolher um 1 ml do sobrenadante (fase líquida da amostra) e ler num espectrofotómetro nos comprimentos de onda 664 e 750 nm, com célula de quartzo (ou alternativamente vidro). Após a leitura, adicionar 12 µl de HCl (concentração 0,5 M) nas amostras e repetir a leitura nos mesmo comprimentos de onda. Os valores de absorvância lidos não deverão ser superiores a 0,005, num comprimento de onda de 750 nm, pois poderá implicar suspensão da amostra. Caso realmente ocorro suspensão da amostra, deverá repetir-se a leitura, após a amostra ter estabilizado.

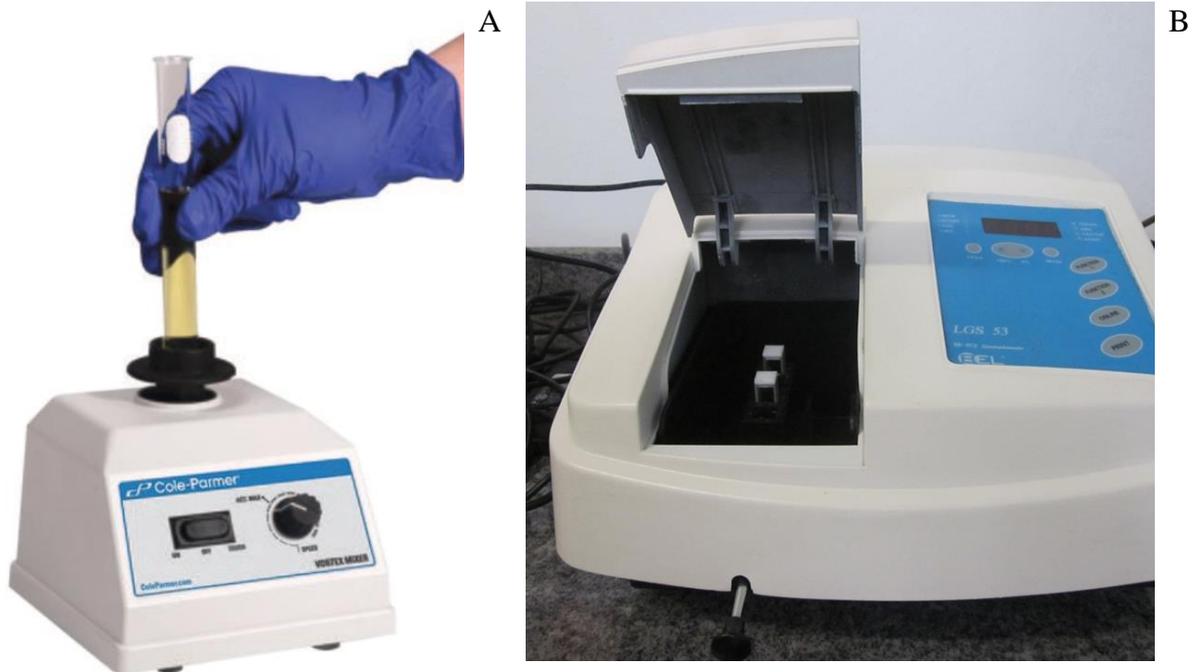


Figura 6 Vórtex (A) usado para homogeneizar a amostra e espectrofotómetro (B) usado para ler a absorvância da amostra

Com base nos valores de absorvância poderá quantificar a concentração de clorofila *a* (**Equação 1**) e feopigmentos (**Equação 2**), através das equações de Lorenzen (1967).

$$Chl\ a\ (\mu g/L) = \frac{A\ K\ ([664_0 - 750_0] - [664_a - 750_a])v}{V_f\ l}$$

Equação 1

$$pheo\ (\mu g/L) = \frac{A\ K\ (R\ [664_a - 750_a] - [664_0 - 750_0])v}{V_f\ l}$$

Equação 2

Nota: Alguns destes coeficientes têm de ser calibrados nos equipamentos próprios.

A Coeficiente de absorção da Chl *a* (11,0);

K Factor destinado a restabelecer a concentração inicial em Chl *a* a partir da redução da absorvância, $R / (R-1) = 2.43$;

664₀ e **750₀** Valores de absorvância antes da acidificação da amostra;

664_a e **750_a** Valores de absorvância depois da acidificação da amostra;

v Volume de acetona usado para a extração (6 ml)

R Valor máximo da razão $664_0 / A664_a$, na ausência de feopigmentos (1,7)

(experimentalmente, com clorofila *a* pura)

V_f Volume de água filtrado (L)

l Passo óptico da cuvette (1 cm)

3..3. Substrato (Granulometria e Matéria Orgânica)

A granulometria e a matéria orgânica disponível no substrato são factores importantes que influenciam profundamente as comunidades aquáticas, principalmente as bentónicas. A granulometria e o tipo de grão são factores que podem determinar a probabilidade de uma espécie ocorrer num certo local, assim uma mudança na granulometria de um local pode aumentar ou diminuir o habitat disponível para uma espécie. O mesmo ocorre com a matéria orgânica no substrato, no entanto esta pode também indicar um aumento da pressão antropogénica.

3..3.1. Procedimento durante o trabalho de campo

Em cada ponto de amostragem, deverá ser recolhida uma amostra de substrato de aproximadamente 100 g, para a análise granulométrica, da qual se pode separar uma amostra com cerca de 5 g, para a determinação da matéria orgânica. As amostras deverão ser conservadas em sacos ou embalagens previamente etiquetadas de modo que estas possam ser identificadas em laboratório. As amostras são conservadas a -20°C de modo a evitar a degradação das mesmas até à sua análise, principalmente no caso das amostras para matéria orgânica.

Para a recolha das amostras terão que ser usadas técnicas diferentes, conforme a profundidade do local de amostragem. É essencial garantir que é recolhido o peso suficiente e que a amostra apenas contém sedimento, quanto menor a quantidade de água melhor, uma vez que permitirá acelerar o processo de secagem realizado *a posteriori* no laboratório. A amostra deve representar os primeiros 5 cm do sedimento. Em locais menos profundos, a recolha poderá ser realizada directamente com a caixa de armazenamento. Em locais com profundidades superiores, de difícil acesso, é aconselhável o uso de um tubo de PVC ou draga (*e.g.* Van veen). Este que não deverá ter mais do que 5 cm de diâmetro, para facilitar o seu manuseamento, porém deverá ter comprimento suficiente para chegar até ao sedimento, perfurar o mesmo, e ainda deixar uma fracção do tubo fora de água, isto para permitir que a extremidade superior seja coberta (com a mão ou um objecto), de forma a criar vácuo dentro do tubo. O vácuo permitirá a remoção do objecto de dentro de água, ainda com o sedimento preso na extremidade inferior. Posteriormente, a lenta remoção do vácuo permitirá que esse sedimento seja transferido para o saco de recolha da amostra.

3.3.2. Procedimento durante o trabalho de laboratório

Para a determinação das fracções granulométricas, as amostras deverão ser secas em estufa a 60 °C pelo período de tempo necessário. Posteriormente, deverá ser pesado cerca de 100 g de cada amostra e registar o valor. Estas são depois lavadas num crivo de 0,063 µm de modo a remover toda a vasa da amostra e são secas novamente em estufa a 60°C. Depois cada amostra é separada em classes granulométricas com uma bateria de crivos calibrados. Cada crivo irá reter a respectiva fracção: areia fina (0,063 a 0,25 mm), areia (0,25 a 0,5 mm), areia grosseira (0,5 a 2 mm) e gravilha (>2 mm). De seguida, cada fracção é pesada de modo a poder ser determinada a sua percentagem no substrato do local, com recurso ao peso inicial. A diferença entre a soma das fracções e o peso inicial representa a vasa da amostra (< 63 µm). O valor deverá ser convertido em percentagem (relativo ao peso inicial) para identificação das proporções de cada fracção no local de amostragem.

Para a quantificação da matéria orgânica as amostras deverão ser secas em estufa a 60 °C durante cerca de 24h até estarem secas, depois são pesadas e colocadas numa mufla a 550 °C durante 4 h, de modo a perder toda a matéria orgânica por ignição. Depois as amostras são novamente pesadas de modo a quantificar a perda de matéria orgânica no substrato do ponto de amostragem, pela diferença de peso $((\textit{peso final} - \textit{peso inicial}) / \textit{peso inicial} \times 100)$.

3.2. Caracterização biótica

3.2.1. Larvas de peixe

Os mangais desempenham um papel crucial a nível do recrutamento de várias espécies de peixe e invertebrados, fornecem alimento abundante e proteção numa fase de vida extremamente vulnerável. A monitorização do papel de viveiro que os mangais desempenham é assim relevante para perceber a evolução deste processo à face de crescentes pressões ambientais e humanas.

3.2.1.1. Procedimento durante o trabalho de campo

A amostragem de larvas de peixe deverá ser realizada em dois períodos por ano, um na época seca e outro na época chuvosa. Deveram ser seleccionados locais dos quais seja possível lançar a rede e onde ocorra influencia das marés, estes deveram ter também profundidade suficiente para submergir a rede na sua totalidade (e.g. ponte de Malanza). A amostragem deverá ser

realizada no período da noite e se possível numa noite de lua nova, durante a maré enchente com entrada de água para o mangal, é ainda relevante amostrar em maré vazante com saída de água do mangal, principalmente, sendo uma condição regular (o débito prolongado) em épocas chuvosas.



Figura 8. Rede de plâncton (A) rede e copo de recolha (B) rede em utilização com indicação da direcção da corrente (C) fluxómetro, instrumento que pode ser fixado à rede para quantificação do volume filtrado

A amostragem deverá ser realizada com recurso a uma rede de amostragem de plâncton com uma malha não superior a 0,5 mm. Cada amostragem estará dividida em três consecutivas (replicados), cada uma com aproximadamente 15 minutos e de igual metodologia. Deve-se colocar a rede dentro de água orientada de forma a ficar com a abertura orientada para o sentido contra-corrente. Utilizar um fluxómetro para medição do volume filtrado ou em alternativa em intervalos regulares medir a velocidade da corrente três a cinco vezes durante cada amostragem (replicado). Ao fim de 15 minutos recolher a rede, retirar os conteúdos do copo de amostragem e colocar em álcool a 70% numa proporção de pelo menos 2 partes de álcool para 1 de amostra. Repetir os procedimentos por mais duas amostragens consecutivas (replicados seguintes) com tempo igual.

3.2.1.2. Procedimento durante o trabalho de laboratório

Em laboratório, triar a amostra à lupa separando as larvas do restante material biológico. Identificar as larvas até à espécie ou até ao nível taxonómico mais elevado possível, registar o comprimento e estágio de desenvolvimento de cada indivíduo. No caso da presença de ovos de peixe, proceder também à separação, quantificação e identificação dos mesmos.

3.2.2. Peixes juvenis e em fase adulta

Os mangais são locais de alimentação e reprodução para muitas espécies de peixes, que passam períodos críticos do seu desenvolvimento nestes sistemas de transição. Estes sistemas são também importantes para as espécies residentes que passam todo o seu ciclo de vida aqui.

Devido às diferentes condições encontradas nos mangais as técnicas de amostragem têm de ser adaptadas. A amostragem deste grupo deve ser efectuada um mínimo de duas vezes por ano no início de cada estação do ano.

Os pontos de amostragem devem ser seleccionados à priori e devem refletir a diversidade de habitats encontrados e ser definidos ao longo do gradiente salino. Para isso deve-se realizar uma campanha prévia onde são medidos os parâmetros ambientais. Assim, após se terem identificado os gradientes de salinidade e temperatura, os diferentes tipos de vegetação e sedimento, são definidas áreas dentro do mangal que refletem essas diferenças e em cada área é definido um ponto de amostragem, os pontos de amostragem devem ser facilmente identificados e de fácil acesso tal como definido em Félix *et al.* (2017).

3.2.2.1. Procedimento durante o trabalho de campo

Nos locais de pouca profundidade, *i.e.*, com menos de cerca de 50 cm, e que esteja livre de estruturas e vegetação deverá proceder-se à captura de espécimes com recurso a uma redinha, com malha de 1 mm, por varrimento de preferência em direcção à margem e com a rede a ocupar completamente a coluna de água, sendo registada a área amostrada.

Em locais de maior profundidade, *i.e.*, com mais de 50 cm, deverão ser colocadas redes de emalhar (Fig.9). A malhagem da rede deverá ser mantida ao longo do processo de monitorização e deverão ser usados tamanhos de malha diferente para aumentar a capturabilidade em função dos vários tamanhos da comunidade de peixe que ocorrem no sistema. A rede deve ser colocada perpendicularmente ao curso de água de modo a capturar os peixes nas suas movimentações. Em cada local as redes devem ser colocadas durante 24h de modo a capturar as espécies com maior actividade nocturna e diurna, no entanto deverá ser feita uma verificação ao nascer e pôr do sol, de modo a poder associar as capturas à altura do dia. Devendo ser registado o tempo que decorreu entre verificações.

Em locais com uma maior densidade da vegetação, nomeadamente entre as raízes das árvores de mangue, deverão ser colocadas armadilhas para peixes (Fig.9), um grupo (mínimo de 3) em cada margem com as aberturas alternadamente direccionadas para a corrente e no sentido oposto, de modo a favorecer a capturabilidade das espécies que se escondem nestes habitats de acesso mais difícil, nomeadamente os juvenis. Tal como anteriormente, as armadilhas devem

permanecer nos locais de amostragem durante 24h com uma verificação ao nascer e pôr do sol. Devendo ser registado o tempo que decorreu entre verificações.



Figura 9. Ilustração de redes de emalhar (esquerda) e armadilhas (ou covos) para a captura de peixes.

Após a captura, os espécimes devem ser medidos, pesados (Fig.10), identificados até à espécie e classificados segundo o seu estado de maturação em juvenis e adultos no local de modo a serem devolvidos ainda com vida para minimizar o sacrifício de indivíduos. Quando isto não for possível, os espécimes devem ser medidos e pesados ainda frescos e depois sacrificados com recurso a um anestésico e conservados em sacos ou embalagens identificadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, de modo a impedir a sua degradação, deve ainda ser recolhida uma amostra de tecido que é conservada em álcool a 96 %, para posterior identificação por análise molecular.



Figura 10. Pesagem e medição de indivíduos, as linhas a vermelho indicam os limites de medição do indivíduo para o comprimento total.

3.2.2.2. Procedimento durante o trabalho de laboratório

Em laboratório os espécimes são identificados com recurso à literatura necessária, nomeadamente guias de identificação específicos da região e outro material de apoio, como artigos científicos descritivos das espécies.

4. Base de dados & Interpretação dos dados

É essencial que todos os valores obtidos durante a amostragem de monitorização sejam compilados, em folhas de cálculo, para o aumento da informação espacial e temporal sobre os sistemas de mangal e para realização de análise estatística dos dados recolhidos.

Deverá existir uma folha de campo para cada uma das componentes analisadas, isto é, parâmetros abióticos, peixes e larvas. Essa informação será transferida para duas bases de dados diferentes, uma que compila a informação abiótica, *i.e.*, parâmetros abióticos, comunidade fitoplanctónica e substrato (**Tab. 1**), e uma segunda base de dados que compilará a informação relativa à comunidade piscícola, *i.e.*, larvas e juvenis, adultos.

Tabela 1 Variáveis que deverão ser incluídas na base de dados

Parâmetros abióticos	Data, hora, local (código associado e coordenadas GPS), meteorologia, maré, temperatura, salinidade, oxigénio
Comunidade fitoplanctónicas	Volume filtrado; Absorbância; Cálculo da concentração de clorofila <i>a</i>
Substrato	Percentagem de cada classe granulométrica e percentagem de matéria orgânica
Comunidade piscícola (larvas e juvenis)	Velocidade da corrente, número de indivíduos capturados por espécie, tamanho ou fase de desenvolvimento de cada indivíduo
Comunidade piscícola (adultos)	Área amostrada, código do indivíduo, arte de pesca, tempo de captura, peso, tamanho e espécie dos indivíduos capturados.

Na base de dados com os parâmetros abióticos cada linha corresponderá a um momento de recolha de parâmetros (uma observação pontual) (**Tab.2**). Enquanto na base de dados da comunidade piscícola cada linha corresponde a cada indivíduo capturado (**Tab.3**).

Tabela 2 Exemplo do cabeçalho e preenchimento da base de dados dos parâmetros abióticos

Ano	Mês	Dia	Hora	Local	Código	Maré	T (°C)	Sal	O (%)
2021	01	01	09:00	M	M1	Enchente	24,5	34,5	97

Tabela 3 Exemplo do cabeçalho e preenchimento da base de dados da comunidade piscícola

Ano	Mês	Dia	Hora	Local	Código	Indivíduo	Espécie	Comprimento (mm)	Arte de pesca
2021	01	01	09:00	M	M1	Peixe 1	Tilápia	200	Covo

Cada base de dados irá corresponder a uma das folhas do ficheiro, desta forma é possível analisar os dados na sua integridade, o que irá permitir relacionar todas as variáveis. Para que ocorra a ligação entre as bases de dados terá de haver um código de ligação, que apenas será possível se em cada linha da base de dados for identificada a data e o local de amostragem. Por exemplo, uma amostragem no dia 5, no ponto de amostragem M1, deverá ter o código M1.5. Este código será atribuído a todas as linhas das capturas desse local e dia e aos dados ambientais desse local e dia. Desta forma, existe uma associação entre os dados das espécies e os dados ambientais, sem a qual não será possível a análise dessa relação.

Porém, existem alguns sinais que poderão ser observados anteriormente à análise dos dados que podem indicar potenciais perigos no ecossistema. Entre estes pode-se considerar a ausência prolongada de algumas espécies de peixe, nomeadamente espécies sensíveis, facto que apenas poderá ser verificado ao fim de algumas campanhas de monitorização, considerando períodos homólogos.

Em questões abióticas, facilmente será detectável uma situação de eutrofização, *i.e.*, quando se forma uma camada superficial de matéria orgânica. Esta é uma situação causada pelo aumento da concentração de nutrientes da água (*e.g.*, por escorrência de fertilizantes da bacia hidrográfica) em sistemas mais estagnados, o que potencia o aumento da concentração de microalgas e a formação de uma camada superficial de matéria orgânica, esta que impede as trocas gasosas e reduz drasticamente os níveis de oxigénio na coluna de água. Portanto, esta situação pode ser detectada através da observação do sistema e por medição dos níveis de oxigénio (Secção 3.1.1.1.). O especialista através da análise de dados também poderá avaliar o aumento da concentração da clorofila ao longo da coluna, assim como a estratificação da coluna.

5. Referências bibliográficas

Afonso, F. (2019). A importância dos mangais de São Tomé. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/20>

Afonso, F., Félix, P. M., Chainho, P., Heumüller, J. A., de Lima, R. F., Ribeiro, F., Brito, A. C. (2021). Assessing Ecosystem Services in Mangroves: Insights from São Tomé Island (Central Africa). *Front in Environ Sci*, 9:501673. doi: 10.3389/fenvs.2021.501673.

Félix, P.M., Chainho, P., Lima, R.F., Costa, J.L., Almeida, A.J., Domingos, I., Brito, A.C., 2017. Mangrove fish of São Tomé Island (Gulf of Guinea): New occurrences and habitat usage. *Mar. Freshw. Res.* 68, 123–130. <https://doi.org/10.1071/MF15392>

Loloum, B., de Lima, R. F., Pisoni, T. (2015a). Projecto de abordagem ecossistémica integrada para a conservação e gestão da biodiversidade na zona tampão dos parques naturais Obô de São Tomé e Príncipe: Plano de Gestão do Mangal de Malanza. São Tomé.

Loloum, B., de Lima, R. F., Pisoni, T. (2015b). Projecto de abordagem ecossistémica integrada para a conservação e gestão da biodiversidade na zona tampão dos parques naturais Obô de São Tomé e Príncipe: Plano de Gestão do Mangal de Praia das Conchas. São Tomé.

Pisoni, T., de Lima, R. F., Brito, A. C., Chainho, P., Félix, P. M., Caçador, I., et al. (2015). Abordagem ecossistémica integrada para a conservação e gestão da biodiversidade na zona tampão dos parques naturais Obô de São Tomé e Príncipe: Planos de gestão participativa para dois sítios de mangal na Ilha de S . Tomé (Praia das Conchas e Malanza). São Tomé.

6. Anexo I

Ficha de campo

Ficha de campo

(INFORMAÇÃO A ADICIONAR SOBRE CADA UMA DAS ARTES DE PESCA PARA AVALIAÇÃO DO ESFORÇO DE PESCA) Emalho: horas (tamanho do pano e malha) ; Armadilhas: horas ; Camaroeiro de mão: área e diâmetro ; Palangre: horas e número de anzóis ; Tarrafa: diâmetro da rede e malha ; Redinha: área arrastada e malha do pano .

Local de amostragem:		Ponto de Amostragem	
Hora de amostragem:		Data:	
Maré:		Arte de pesca:	
Hora pesca (início – fim):	Área de pesca (m ²):	Direcção do caudal:	
Recolha de sedimento (MOT, Granulometria) <input type="checkbox"/>		Recolha de sedimento e água <input type="checkbox"/>	

Parâmetros abióticos

Profundidade (cm):	Temperatura (°C)	pH	Salinidade	Condutividade (mS/cm)	Oxigénio Dissolvido (mg/L)	Oxigénio Dissolvido (%)

Observações:

7. Anexo II

Tabela A1 Lista de Códigos e definições para elaboração da Base de Dados

Código	Descrição
Sistema	Sistema de mangal a ser amostrado (ex: Malanza)
Código do local	Código definido previamente que indica o sistema em estudo e a localização do local de amostragem dentro do sistema (ex: M1)
Latitude	Valor de latitude para o local em amostragem, este é um valor que não deverá variar entre campanhas de forma a garantir a comparação entre os vários momentos, e que deverá ser definido antes da amostragem. Durante a amostragem poderá usar-se o GPS para garantir que a amostragem é realizada no local exacto definido previamente.
Longitude	Valor de longitude para o local em amostragem, este é um valor que não deverá variar entre campanhas de forma a garantir a comparação entre os vários momentos, e que deverá ser definido antes da amostragem. Durante a amostragem poderá usar-se o GPS para garantir que a amostragem é realizada no local exacto definido previamente.
Ano	Ano de realização da campanha de monitorização
Mês	Mês de realização da campanha de monitorização
Dia	Dia de realização da campanha de monitorização
Hora	Hora de realização de cada amostragem, este é um valor que deverá variar conforme o local de amostragem, uma vez que a maré varia ao longo do dia poderá influenciar tanto os parâmetros abióticos como a comunidade piscícola
Maré	Maré identificada na hora de amostragem (baixa, enchente, cheia, vazante)
Profundidade máxima do local (cm)	Aproximação do valor máximo de profundidade do local de amostragem. Se não é possível estimar visualmente, a sonda multiparamétrica pode ser usada para obter esta informação. Garantir que os dados estão sempre na mesma unidade (idealmente em cm).
Temperatura (°C)	Parâmetro recolhido a partir da leitura dos valores do <i>logger</i> conectado à sonda multiparamétrica. Garantir que os dados estão sempre na mesma unidade (idealmente °C).
Salinidade	Parâmetro recolhido a partir da leitura dos valores do <i>logger</i> conectado à sonda multiparamétrica.
Oxigénio dissolvido (mg/L)	Parâmetro recolhido a partir da leitura dos valores do <i>logger</i> conectado à sonda multiparamétrica. Garantir que os dados estão sempre na mesma unidade (idealmente mg/L).
Oxigénio dissolvido (%)	Parâmetro recolhido a partir da leitura dos valores do <i>logger</i> conectado à sonda multiparamétrica. Apesar de ser o mesmo parâmetro que a linha superior, permite mais facilmente avaliar a saturação ou estratificação da coluna de água
Gravilha (%)	Parâmetro apenas obtido após processamento de laboratório das amostras de sedimento recolhidas (Secção 3.1.3.2.). Esta fracção do sedimento corresponde aquela que apresenta um tamanho maior e o objectivo é avaliar a composição do sedimento, portanto, é apresentada a percentagem de cada fracção.
Areia (%)	Parâmetro apenas obtido após processamento de laboratório das amostras de sedimento recolhidas (Secção 3.1.3.2.). Esta fracção do

Protocolo de monitorização dos mangais de São Tomé

Código	Descrição
	sedimento corresponde aquela que apresenta um tamanho intermédio (entre o cascalho e a vasa) e o objectivo é avaliar a composição do sedimento, portanto, é apresentada a percentagem de cada fracção.
Vasa (%)	Parâmetro apenas obtido após processamento de laboratório das amostras de sedimento recolhidas (Secção 3.1.3.2.). Esta fracção do sedimento corresponde aquela que apresenta um tamanho menor e o objectivo é avaliar a composição do sedimento, portanto, é apresentada a percentagem de cada fracção.
Matéria orgânica (g)	Parâmetro apenas obtido após processamento de laboratório das amostras de sedimento recolhidas (Secção 3.1.3.2.).
Volume de água filtrado (L)	Parâmetro apenas obtido após processamento de laboratório das amostras de água recolhidas (Secção 3.1.2.3.)
Absorbância	Parâmetro apenas obtido após processamento de laboratório das amostras de água recolhidas (Secção 3.1.2.3.).
Clorofila <i>a</i>	Parâmetro apenas obtido após processamento de laboratório das amostras de água recolhidas (Secção 3.1.2.3.). Este valor será resultado do uso das equações de Lorenzen com base nos valores recolhidos anteriormente (Volume de água filtrado e Absorbância).
Feopigmentos	Parâmetro apenas obtido após processamento de laboratório das amostras de água recolhidas (Secção 3.1.2.3.). Este valor será resultado do uso das equações de Lorenzen com base nos valores recolhidos anteriormente (Volume de água filtrado e Absorbância).
Código Peixe	Código definido conforme a ordem de recolha de indivíduos (ex: Peixe1), poderá ser adaptado ao local de colheita (ex:PM1)
Família	Classificação taxonómica do indivíduo recolhido. Dado que poderá ser preenchido posteriormente quando for confirmada a identificação do mesmo, porém deverá garantir-se sempre a associação ao código do indivíduo e à sua identificação taxonómica.
Espécie	Classificação taxonómica do indivíduo recolhido. Dado que poderá ser preenchido posteriormente quando for confirmada a identificação do mesmo, porém deverá garantir-se sempre a associação ao código do indivíduo e à sua identificação taxonómica
Nome comum	Nome identificado pelas comunidades, colocar as variações conforme o idioma (Angolar, Forro, Português)
Código genético	Código definido anteriormente, mas que será atribuído conforme a ordem de recolha dos indivíduos
Arte de pesca	Identificação do tipo de arte de pesca usado na colheita do indivíduo
Esforço de pesca (h)	Tempo de uso da arte de pesca para colheita do indivíduo. Garantir que os dados estão sempre na mesma unidade (idealmente em horas).
Número de foto(s)	Identificar o número/código das fotos do indivíduo em questão. Este parâmetro é essencial para identificação e classificação taxonómica do indivíduo posteriormente, caso o indivíduo não tenha sido conservado.
Comprimento total (mm)	Parâmetro recolhido durante o processamento dos indivíduos após a sua captura. Garantir que os dados estão sempre na mesma unidade (idealmente em mm).
Peso (g)	Parâmetro recolhido durante o processamento dos indivíduos após a sua captura. Garantir que os dados estão sempre na mesma unidade (idealmente em mm).

Protocolo de monitorização dos mangais de São Tomé

Código	Descrição
Observações	Em todas as folhas e bases de dados deverá haver uma coluna para adicionar aspectos não compreendidos na base de dados (ex: peixe, capturado em redes que ficaram durante horas colocadas, com sinais de ter sido consumido por caranguejos)