

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
PARQUE NACIONAL DE JERICOACOARA



Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Instituto Chico
Mendes de Conservação da Biodiversidade- PIBIC/ICMBio

Relatório de Final

Ciclo 2022-2023

**Primeiros registros do Peixe-Leão *Pterois volitans* (Linnaeus
- 1758) no Parque Nacional de Jericoacoara: biometria,
avaliação gonadal, dieta, técnicas de captura e áreas invadidas.**

Nome do Estudante: Edmilson Ferreira de Souza Júnior

Orientador(a): Kelly Ferreira Cottens

Coorientador: Caroline Vieira Feitosa

Instituição do coorientador: Universidade Federal do Ceará

Fortaleza
Setembro/2023

Resumo

O peixe-leão (*Pterois volitans*), espécie do Indo-Pacífico é amplamente considerada invasor nas regiões do Caribe, Golfo do México e Atlântico. Seu estabelecimento nos ambientes introduzidos traz preocupações no âmbito ecológico, afetando negativamente ecossistemas costeiros. Apesar da proteção parcial ou integral de unidades de conservação também são susceptíveis à invasão por espécies exóticas. A dispersão do peixe-leão (*P. volitans*) ao longo do Atlântico Sul é crescente e frequente pondo em risco a integridade das áreas marinhas protegidas. Este estudo tem como objetivo descrever dimensões de comprimento total, peso, dieta, desenvolvimento gonadal e proporção sexual, além de fornecer informações sobre as áreas de captura. As amostras foram coletadas na área de estudo do Parque Nacional de Jericoacoara (PNJ) por pescadores e/ou mergulhadores, utilizando arpões ou na despesca dos currais de pesca, no período de março/22 a junho/23. Os exemplares foram submetidos a processos de biometria, seguido pela extração dos estômagos e gônadas para análises no Laboratório de Dinâmica Populacional e Ecologia de Peixes Marinhos do Labomar, Universidade Federal do Ceará. Desde o primeiro registro no estado do Ceará, foram obtidos um total de 20 indivíduos, com 15 sendo registrados e coletados na área de Jericoacoara, e 5 na Praia do Preá. Além disso, todos os exemplares foram submetidos a análises genéticas para identificação da espécie, sendo confirmada a presença de *Pterois volitans*. A maior proporção das amostras foi obtida de currais de pesca (40%), seguidos por recifes artificiais, também chamados de marambais (10%), e substratos naturais consolidados (10%). Além disso, uma parcela significativa das amostras não teve seu local de captura identificado (40%). O peso médio dos machos ($65,4 \text{ g} \pm 48,9$) foi maior do que o das fêmeas ($52 \text{ g} \pm 29,5$). No entanto, o tamanho médio dos machos ($17,4 \text{ cm} \pm 3,74$) e das fêmeas ($16,1 \pm 2,76$) exibiram dimensões aproximadas. Ao avaliar o grau de desenvolvimento gonadal, constatou-se que todos os indivíduos não atingiram estágio de maturação sexual. Foram analisados 14 estômagos, e o Índice de Repleção (*IR*) médio ($2,43 \pm 1,28$) revelou que os estômagos estavam preenchidos em cerca de 50%. O resultado da frequência volumétrica (*%Fv*) expressou maior frequência de peixes digeridos (35,1%) em estágio avançado, e com duas espécies do gênero *Haemulon* (31,6%) e *Acanthurus* (4%) parcialmente digeridas. A investigação do conteúdo estomacal indicou uma preferência predatória por peixes com tamanhos $\leq 5,0 \text{ cm}$, especialmente da família Haemulidae (e. g., *Haemulon parra*). A análise da frequência de ocorrência (*%Fi*) revelou alta ingestão de itens alimentares de origem animal. O Índice Alimentar (*%IAi*) indicou que o item de maior importância na dieta do *P. volitans* foi teleósteos em alto grau de digestão

(61,15%), seguido pelos itens de Matéria Orgânica Digerida (MOD) com 20,64% e o peixe da espécie *Haemulon parra* (13,76%). Nesse contexto, torna-se evidente que a adoção de medidas de manejo se configura como um recurso fundamental para minimizar os efeitos adversos sobre a biodiversidade marinha, em especial na proteção de espécies nativas de peixes. Por fim, é importante destacar que a colaboração entre instituições de pesquisa e órgãos fiscalizadores aliados à ciência cidadã apresentam-se como uma estratégia de monitoramento participativo eficaz na contenção da dispersão do peixe-leão.

Abstract

Lionfish (*Pterois volitans*), a species from the Indo-Pacific, is widely considered invasive in the Caribbean, Gulf of Mexico and Atlantic regions. Its establishment in introduced environments raises ecological concerns, negatively affecting coastal ecosystems. Despite partial or full protection, conservation units are also susceptible to invasion by exotic species. The dispersion of lionfish (*P. volitans*) throughout the South Atlantic is increasing and frequent, putting the integrity of protected marine areas at risk. This study aims to describe morphometric dimensions, diet, gonadal development and sex ratio, in addition to providing information on capture areas. The samples were collected in the study area of the Jericoacoara National Park (PNJ) by fishermen and/or divers, using harpoons or when fishing from fishing pens, from March/22 to June/23. The specimens were subjected to biometric processes, followed by the extraction of stomachs and gonads for analysis at the Labomar Laboratory of Population Dynamics and Marine Fish Ecology, Federal University of Ceará. Since the first record in the state of Ceará, a total of 20 individuals have been obtained, with 15 being recorded and collected in the Jericoacoara area, and 5 in Praia do Preá. Furthermore, all specimens were subjected to genetic analysis to identify the species, and the presence of *Pterois volitans* was confirmed. The largest proportion of samples was obtained from fishing corrals (40%), followed by artificial reefs, also called marambaias (10%), and consolidated natural substrates (10%). Furthermore, a significant portion of the samples did not have their capture location identified (40%). The average weight of males ($65.4 \text{ g} \pm 48.9$) was greater than that of females ($52 \text{ g} \pm 29.5$). However, the average size of males ($17.4 \text{ cm} \pm 3.74$) and females (16.1 ± 2.76) exhibited approximate dimensions. When evaluating the degree of gonadal development, it was found that all individuals had not reached the stage of sexual maturation. 14 stomachs were analyzed, and the average Repletion Index (IR) (2.43 ± 1.28) revealed that the stomachs were filled by around 50%. The result of volumetric frequency (%Fv) expressed a higher frequency of digested fish (35.1%) at an advanced stage, and with two species of the genus *Haemulon* (31.6%) and *Acanthurus* (4%) partially digested. The investigation of stomach contents indicated a predatory preference for fish with sizes ≤ 5.0 cm, especially from the Haemulidae family (e.g., *Haemulon parra*). Analysis of the frequency of occurrence (%Fi) revealed a high intake of food items of animal origin. The Food Index (%AIi) indicated that the most important item in the *P. volitans* diet was teleosts with a high degree of digestion (61.15%), followed by Digested Organic Matter (MOD) items with 20.64% and fish of the species *H. parra* (13.76%). In this context, it becomes evident that the adoption of management measures is a fundamental resource to

minimize adverse effects on marine biodiversity, especially in the protection of native fish species. Finally, it is important to highlight that collaboration between research institutions and supervisory bodies combined with citizen science presents itself as an effective participatory monitoring strategy in containing the spread of lionfish.

Lista de Figuras

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo do Parna de Jericoacoara	4
Figura 2 - Exemplos coletados no Parna de Jericoacoara. a) <i>P. volitans</i> macho. b) <i>P. volitans</i> fêmea.	8
Figura 3 - Quantidades de espécimes capturados e proporções. a) Quantidade de indivíduos capturados por área; b) Quantidade de indivíduos capturados por substrato; c) Quantidade de indivíduos capturados pelo sexo; d) % de indivíduos por área; e) % de indivíduos por substrato; f) % de indivíduos pelo sexo.	9
Figura 4 - a) Boxplot do Comprimento Total (CT) entre o sexo; b) Média e desvio padrão do Comprimento Total (CT) entre o sexo; c) Boxplot do Peso (g) entre o sexo; d) Média e desvio padrão do peso entre os sexos.....	11
Figura 5 - Registro de gônadas das amostras de <i>P. volitans</i> . a) fêmea em maturação; b) fêmea em maturação; c) macho em maturação; d) fêmea em maturação.	12
Figura 6 - Gráfico de itens alimentares. a) Frequência de Ocorrência (%Fi); b) Frequência volumétrica (%Fv); c) Índice Alimentar (%IAi).....	14
Figura 7 - Itens alimentares do <i>P. volitans</i> . a) Peixe digerido; b) Peixe digerido; c) Fragmentos de peixes; d) Matéria Orgânica Digerida (MOD); e) <i>Haemulon parra</i> ; f) peixe da família Haemulidae	15

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Dados das coletas de <i>P. volitans</i> na área de Estudo do Parque Nacional de Jericoacoara (PNJ)	10
Tabela 2 - Índice de Repleção (IR) do <i>P. volitans</i>	12
Tabela 3 - Análise de itens alimentares do <i>P. volitans</i>	13

Lista de Abreviaturas

EEIs	Espécies Exóticas Invasoras
PNJ	Parque Nacional de Jericoacoara
UC	Unidade de Conservação
Labomar	Instituto de Ciências do Mar
UFC	Universidade Federal do Ceará
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
PARNA	Parque Nacional
Dipemar	Laboratório de Dinâmica Populacional e Ecologia de Peixes Marinhos
CT	Comprimento Total
IR	Índice de Repleção
Fi	Frequência de ocorrência
Fv	Frequência volumétrica
IAi	Índice Alimentar
MOD	Matéria Orgânica Digerida
MOV	Matéria Orgânica Vegetal
GARS	Grande Sistema de Recifes do Amazonas
AMPs	Áreas Marinhas Protegidas

SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
2. Objetivos.....	3
Objetivo Geral.....	3
Objetivo Específicos.....	3
3. Materiais e Métodos.....	4
3.1 Área de estudo e caracterização ambiental.....	4
3.2 Amostragem.....	5
3.3 Análise de conteúdo estomacal.....	5
3.3.1 Frequência de Ocorrência (%Fi).....	6
3.3.2 Frequência volumétrica (%Fv).....	6
3.3.3 Índice Alimentar (IAi).....	6
3.3.4 Índice de Repleção (IR).....	6
3.4 Análise de dados.....	7
4. Resultados.....	7
4.1. Taxonomia e Genética.....	7
4.2. Biometria, proporção sexual, métodos de coleta e tipo de substrato.....	8
4.3. Índice de Repleção, frequência de ocorrência, frequência volumétrica e índice alimentar (IR, Fi%, Fv%, IAi%).....	12
5. Discussão e Conclusões.....	16
6. Recomendações para o manejo.....	19
7. Agradecimentos.....	19
8. Citações e referências bibliográficas.....	20

1. Introdução

As espécies exóticas invasoras (EEIs) são organismos que foram introduzidos em ecossistemas fora de sua área nativa e que, uma vez estabelecidos, podem causar impactos notáveis nas comunidades e nos ambientes em que se encontram (Blackburn *et al.*, 2014). Esses impactos podem abranger desde a competição por recursos até a predação de espécies nativas, alterações nos ciclos de nutrientes e a modificação na estrutura trófica causando efeitos danosos sobre a biodiversidade (Sampaio; Schmidt, 2013; Bellard; Cassey; Blackburn, 2016).

Nesse sentido, as ações humanas estão diretamente ou indiretamente ligadas aos processos de invasão, como as atividades antrópicas atuando como um dos principais agentes de dispersão de espécies exóticas invasoras. Isso pode ocorrer de forma intencional ou não, por meio de práticas como comércio, aquarismo e transporte global (Mack *et al.*, 2000; Sakai *et al.*, 2001). Os principais vetores de introdução não intencional de espécies exóticas no ambiente marinho incluem a água de lastro, tráfego marinho e o aquarismo (Weigle *et al.*, 2005; Hewitt; Campbell, 2007).

O peixe-leão (*Pterois* sp.) é considerado uma espécie exótica invasora, com origem na região do Indo-Pacífico. Sua introdução nas áreas invadidas inclui a costa da Flórida, EUA, em 1985, e registros subsequentes relatam sua ocorrência nos recifes de coral das Bahamas (Schofield, 2009). Ao longo do tempo, a dispersão do peixe-leão se consolidou na extensão das costas de regiões do Atlântico Norte, América Central e do Sul, abrangendo o Mar do Caribe e a parte leste do Golfo do México (Schofield, 2010). O primeiro registro do peixe-leão no Brasil ocorreu em 2014, na Pluma Amazônica-Orinoco, sugerindo, com base em análises genéticas, que sua origem é provavelmente caribenha (Ferreira *et al.*, 2015). Nos últimos 30 anos, diversos registros e artigos foram publicados acerca da rápida expansão populacional do *Pterois volitans* (Linnaeus, 1758) e *Pterois miles* (Bennett, 1828) (ambos comumente chamados de “peixe-leão”) relatando a possível ameaça que essas espécies representam para a saúde dos ecossistemas marinhos (Côté; Smith, 2018).

Nesse contexto, os efeitos da invasão dos peixes-leão nos ecossistemas marinhos têm sido amplamente investigados desde o início dos anos 2000. Diversos estudos preliminares estiveram voltados para o registro da distribuição e abundância populacional do *P. volitans* e *P. miles*, bem como seus efeitos sobre espécies nativas e as possibilidades de controle populacional nas áreas invadidas. Posteriormente, as pesquisas abrangeram uma gama mais ampla de tópicos relacionados, incluindo aspectos ecológicos indiretos e impactos

socioeconômicos associados (Côté; Smith, 2018). Um campo de estudo cada vez mais proeminente é a análise genética, considerada a mais precisa para determinar a distribuição da espécie invasora. Embora *P. volitans* e *P. miles* compartilhem características morfológicas similares, a identificação visual não é a abordagem mais apropriada (Morris; Whitfield, 2009; Burford Reiskind *et al.*, 2019; Maggioni *et al.*, 2023). Entretanto, ainda há escassez de estudos abordando os potenciais impactos na saúde dos ecossistemas marinhos e nas espécies nativas que possam ser afetadas por essa espécie exótica invasora, especialmente ao longo da costa do Brasil. Esse cenário se torna preocupante por implicar em riscos à integridade de áreas marinhas protegidas.

Em relação às áreas invadidas, essas espécies conseguiram se estabelecer com êxito em estuários, pradarias marinhas e manguezais, os recifes de coral revelam-se como um dos ecossistemas mais vulneráveis aos impactos causados por essas EEIs. A presença dos peixes-leão pode acelerar consideravelmente sua degradação, afetando diretamente no recrutamento de peixes nativos e invertebrados por meio de predação direta e competição por recursos alimentares, podendo causar declínios populacionais de espécies nativas e endêmicas (Kulbicki *et al.*, 2012; Côté; Smith, 2018; Bruno; Côté; Toth, 2019; Smith; Côté, 2021). Além disso, a combinação de características biológicas desses invasores é motivo de preocupação, como a alta quantidade de gametas nas gônadas, atividade reprodutiva ao longo de todo o ano e ampla dieta (Côté *et al.*, 2013; Del Río *et al.*, 2023).

Morris Jr. & Akins (2009) apresentaram informações importantes acerca da ecologia alimentar do *P. volitans* no arquipélago das Bahamas, destacando as 10 famílias mais importantes em termos de dieta foram Gobiidae, Labridae, Grammatidae, Apogonidae, Pomacentridae, Serranidae, Blenniidae, Atherinidae, Mullidae e Monacanthidae. Por outro lado, Batjakas *et al.* (2023) descreveram que a dieta do *P. miles* apresentou grande variabilidade em três áreas no Mar Egeu e destaca que as famílias de teleósteos mais importantes encontrados na dieta foram Gobiidae, Labridae e Scorpaenidae. Nesse contexto, concentrar esforços nos estudos de análise do conteúdo estomacal que determinam a composição da dieta com base na localização geográfica oferece subsídios fundamentais para compreender as dimensões dos impactos tróficos dos peixes-leão no nível individual e populacional.

No Brasil, o Parque Nacional de Jericoacoara (PNJ) é uma Unidade de Conservação (UC) de Proteção Integral do bioma de domínio Marinho Costeiro (Brasil, 2000). O Parque Nacional (PARNA) é uma categoria, amplamente reconhecida e apreciada, que tem como principal objetivo a conservação de ecossistemas de notável relevância ecológica e beleza paisagística. Ela permite a realização de pesquisas científicas mediante autorização prévia, bem

como atividades educacionais, turismo ecológico e recreação, promovendo um contato mais próximo da sociedade com a natureza. Vale destacar que essas áreas são de domínio público, portanto, propriedades privadas situadas dentro delas podem ser desapropriadas de acordo com o que estabelece a legislação vigente. (Brasil, 2000).

Sampaio & Schmidt (2013) ressaltam a gravidade dos impactos potenciais gerados por espécies exóticas invasoras em Unidades de Conservação e reforçam a necessidade de conduzir estudos adicionais e aquisição de dados que abordem os efeitos dessas invasões biológicas. Tais informações podem ser fundamentais na elaboração de estratégias de manejo eficazes para o controle das EEIs. Por outro lado, para gestão da conservação, planejar um manejo eficiente ainda é um grande desafio para conter a expansão de espécies invasoras.

Portanto, esse estudo apresenta dados inéditos dos primeiros registros do peixe-leão na área de Proteção Integral do Parque Nacional de Jericoacoara, que abriga uma rica biodiversidade, composta por espécies marinhas que podem ser particularmente suscetíveis aos impactos do *Pterois* sp. A pesquisa visa fornecer informações detalhadas sobre a identificação das espécies, dimensões morfológicas, proporção do sexual, estágio gonadal, dieta, além dos métodos de captura e tipos de substratos presentes nas áreas de ocorrência do peixe-leão. A consolidação dessas informações desempenhará um papel fundamental na elaboração de estratégias e políticas de manejo destinadas a conter a expansão do peixe-leão no PNJ.

2. Objetivos

Objetivo Geral

Analisar aspectos da dinâmica populacional e composição da dieta dos peixes-leão nos habitats de fundos consolidados do Parque Nacional de Jericoacoara.

Objetivo Específicos

- Obter informações de dimensões de comprimento padrão, total e peso dos exemplares capturados na área do PNJ;
- Avaliar o estágio de maturação gonadal dos indivíduos;
- determinar a proporção sexual;
- Identificar a composição dos principais itens alimentares na dieta da espécie invasora no PNJ;
- Descrever os métodos e locais de coleta, informando o tipo de substrato

3. Materiais e Métodos

3.1 Área de estudo e caracterização ambiental

A área de estudo está situada na Unidade de Conservação de Proteção Integral do Parque Nacional de Jericoacoara (PNJ), com uma extensão de aproximadamente 88,6 quilômetros, criada em 4 de fevereiro de 2002, sob a Lei nº 11.486, de 15 de junho de 2007. Essa região é notável por sua rica diversidade de geoambientes e engloba uma variedade de ecossistemas característicos do bioma de caatinga, bem como da zona costeira e marinha. A gestão do PNJ está sob responsabilidade do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Entre os geoambientes presentes, destacam-se dunas, lagunas e lagoas costeiras, estuários, manguezais, plataformas de abrasão, tabuleiros pré-litorâneos e praias, tanto arenosas quanto rochosas (Meireles, 2011). O PNJ está localizado na costa oeste do Estado do Ceará, abrangendo os municípios de Jijoca de Jericoacoara, Cruz e Camocim, a aproximadamente 300 km do município de Fortaleza (IPECE, 2021) (Figura 1).



Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo do Parna de Jericoacoara

Os registros do peixe-leão foram feitos em duas praias do PNJ: Praia de Jericoacoara, localizada no município de Jijoca de Jericoacoara, e Praia do Preá, situada na costa noroeste do estado do Ceará, no município de Cruz. A Praia de Jericoacoara é amplamente reconhecida no cenário turístico e desfruta de prestígio internacional devido às suas paisagens e características naturais únicas (Coriolano; Mendes, 2009). A Praia do Preá, que se estende por cerca de 20 quilômetros ao longo da costa em direção à Praia de Jericoacoara, é marcada pelo seu extenso sistema de praia-duna (Ximenes Neto *et al.*, 2021).

3.2 Amostragem

Em março de 2022 a junho de 2023, foram coletadas, registradas e preservadas amostras de espécies pertencentes ao gênero *Pterois*. Estas amostras foram acondicionadas em caixas térmicas contendo gelo e posteriormente transportadas para o Laboratório de Dinâmica Populacional e Ecologia de Peixes Marinhos (Dipemar), localizado no Instituto de Ciências do Mar (Labomar), da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Em laboratório, cada exemplar foi submetido a análises biométricas, incluindo a medição do comprimento total (CT), em centímetros (cm), determinação do peso em gramas (g), extração da gônada, identificação do sexo e retirada do estômago. As pesagens foram conduzidas utilizando uma balança semianalítica com precisão de 0,01 g. O sexo de cada exemplar foi determinado, e os indivíduos foram agrupados em três categorias (macho, fêmea e desconhecido).

3.3 Análise de conteúdo estomacal

Os estômagos retirados foram preservados em soluções de formol 10% e álcool 70%, armazenados em recipientes apropriados e devidamente registrados. Posteriormente, o conteúdo estomacal foi examinado com o auxílio de um microscópio estereoscópico para a identificação dos itens alimentares. Esses itens foram manipulados em uma placa de Petri posicionada sobre papel milimetrado, permitindo a separação dos componentes do conteúdo estomacal e a determinação das dimensões relativas entre eles. Os itens de alimentação foram identificados até o nível taxonômico mais baixo possível e contados

3.3.1 Frequência de Ocorrência (%Fi)

O método da Frequência de Ocorrência (%Fi) corresponde ao número de estômagos em que o item *i* está presente dividido pelo número total de estômagos analisados na amostra, calculado pela fórmula (Hyslop, 1980):

$$\%Fi = \left(\frac{Ni}{Nt}\right) * 100$$

Onde, *Fi* é a frequência de ocorrência de determinado item *i*, *Ni* é o número de estômagos que contém o item *i* e *Nt* o número total de estômagos analisados.

3.3.2 Frequência volumétrica (%Fv)

Também foi calculada a Frequência volumétrica (%Fv) que é definida pelo somatório de todos os volumes do item *i* encontrados na amostra dividido pelo somatório do volume de todos os itens. De acordo com a equação (Hyslop, 1980):

$$\%Fv = \left(\frac{\Sigma(Fvi)}{\Sigma(Fvt)}\right) * 100$$

3.3.3 Índice Alimentar (IAi)

Após calcular o *Fi* e o *Fvi*, foi calculado o Índice Alimentar (*IAi*), seguindo a equação (Kawakami; Vazzoler, 1980):

$$IAi = \left(\frac{Fi * Fvi}{\Sigma(Fi * Fvi)}\right)$$

Onde, *Fi* é a frequência de ocorrência de determinado item *i*; *Fvi* é frequência volumétrica de determinado item *i*.

3.3.4 Índice de Repleção (IR)

O índice de repleção (*IR*) foi estimado, obtido pela fórmula (Worgan; Fitzgerald, 1981):

$$IR = \left(\frac{PC}{PP}\right) * 100$$

Onde, *PC* corresponde ao peso do conteúdo estomacal e *PP* representa o peso do peixe.

3.4 Análise de dados

Os cálculos e a análise estatística foram realizados no R versão 4.2.3 (R Core Team, 2023), e para a criação dos gráficos, foram empregados os pacotes dplyr e ggplot2. A estatística descritiva foi obtida para as variáveis de Comprimento Padrão (cm), Comprimento Total (cm) e Peso (g) e separados por local, sexo e substrato através do pacote rstatix. Os dados relativos ao conteúdo estomacal foram armazenados e posteriormente processados utilizando o software Microsoft Excel 365.

4. Resultados

4.1. Taxonomia e Genética

Inicialmente, é fundamental considerar o cenário recente que resgata os primeiros registros da presença do peixe-leão na costa brasileira. Nos últimos três anos, houve uma série de registros de *Pterois* spp., conhecidos como peixes-leão, na região equatorial do Sudoeste (SW) do Oceano Atlântico. Esses registros apontam para uma expansão recente dessas populações invasoras, que têm o potencial de impactar mais de 3500 km do litoral brasileiro nos anos seguintes. Além disso, essa expansão representa uma ameaça aos ecossistemas típicos e às áreas marinhas protegidas ao longo de sua disseminação. (Cintra *et al.*, 2022; Haddad Jr. *et al.*, 2022; Soares *et al.*, 2022; Cintra *et al.*, 2023).

A identificação taxonômica dos exemplares coletados baseou-se na utilização de chaves de identificação (chaves dicotômicas) e na consulta à literatura especializada, visando a determinação da espécie pertencente ao gênero *Pterois*, registradas no Parque Nacional de Jericoacoara (PNJ).

Na pesquisa conduzida por Maggioni *et al.* (2023), foram realizados sequenciamentos de marcadores de DNA mitocondrial e nuclear em amostras de peixes-leão invasores encontrados na costa brasileira, incluindo os exemplares abordados neste trabalho. Os resultados dessas análises confirmaram que todos os peixes-leão estudados pertencem à espécie *Pterois volitans* (Linnaeus, 1758) e possuem a mesma assinatura genética dos peixes-leão presentes no Mar do Caribe. Portanto, com base nesse contexto e nas evidências genéticas, todas as amostras mencionadas neste estudo correspondem ao peixe-leão da espécie *P. volitans*.

4.2. Biometria, proporção sexual, métodos de coleta e tipo de substrato

Desde o primeiro registro no estado do Ceará, foram encontrados um total de 20 indivíduos. Destes, 15 foram identificados e coletados na Praia de Jericoacoara, enquanto os outros 5 foram localizados na Praia do Preá (Figura 3.a). Quanto ao substrato de coleta, informações foram fornecidas por pescadores e/ou mergulhadores, embora em 8 amostras não tenha sido possível determinar o tipo de substrato. Nesse contexto, a maioria das amostras foi obtida de currais de pesca ($n=8$), evidenciando a participação dos pescadores durante a captura do *P. volitans* nesse substrato (Figura 3.b). Foram coletadas 2 amostras em substratos naturais consolidados e outras 2 em armadilhas de pesca conhecidas como "marambais", que são consideradas recifes artificiais (Conceição; Nascimento, 2009), atraindo diversos organismos para sua proximidade.

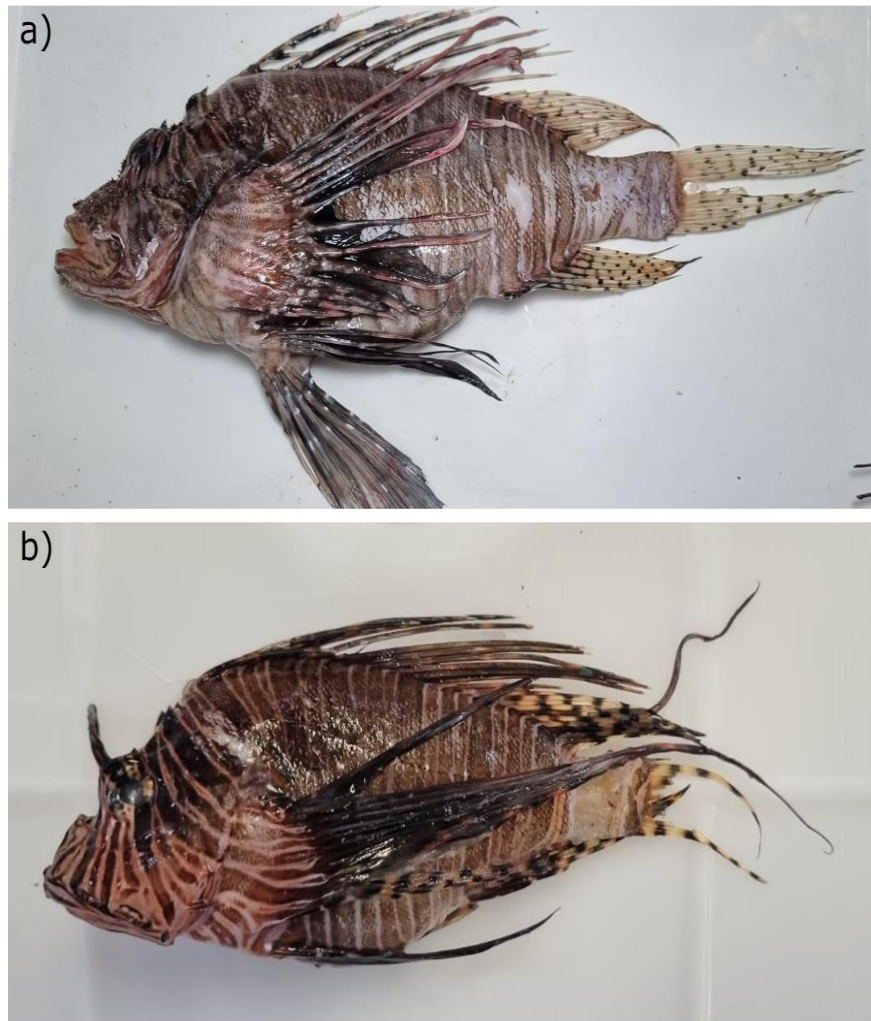


Figura 2 Exemplos coletados no Parna de Jericoacoara. a) *P. volitans* macho. b) *P. volitans* fêmea.

A proporção sexual foi estabelecida através da extração das gônadas de cada indivíduo, resultando em 12 machos e 7 fêmeas. Em um caso, o sexo não pôde ser identificado devido ao estado de deterioração causado pelo método de coleta com harpão. Adicionalmente, não foram observados machos em armadilhas de pesca, com apenas fêmeas presentes. Por outro lado, os exemplares coletados em substratos naturais consolidados eram predominantemente machos.

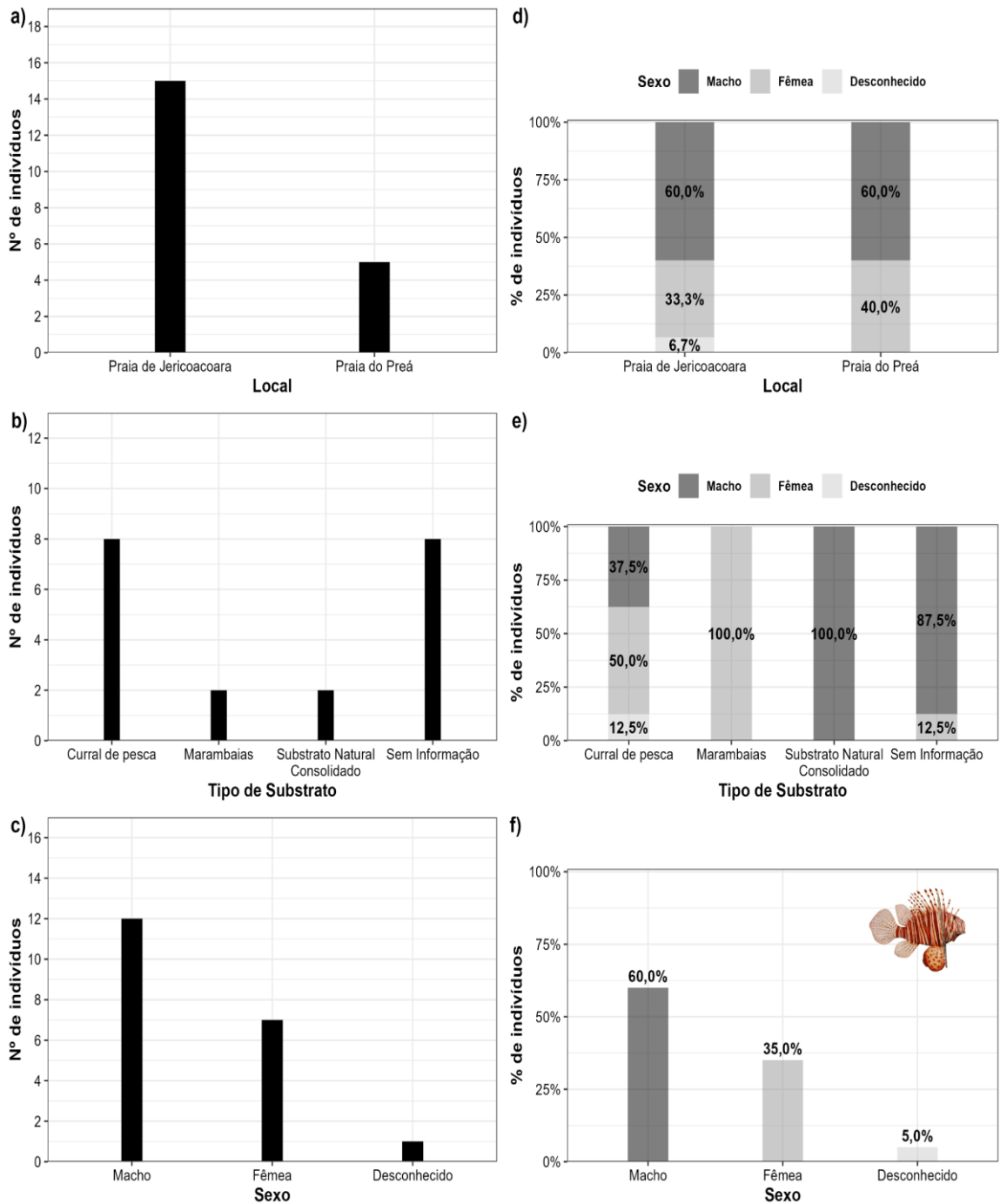


Figura 3 Quantidades de espécimes capturados e proporções. a) Quantidade de indivíduos capturados por área; b) Quantidade de indivíduos capturados por substrato; c) Quantidade de indivíduos capturados pelo sexo; d) % de indivíduos por área; e) % de indivíduos por substrato; f) % de indivíduos pelo sexo.

Espécie	Área	Tipo de Substrato	Sexo	Comprimento Total (cm)	Peso (g)	
<i>Pterois volitans</i>	Praia de Jericoacoara	Curral de pesca	Fêmea	13,8	28,03	
				14,1	29,19	
				14,2	35,31	
			14,1	31,79		
			Macho	12,9	28,21	
				14,1	38,06	
		14,4		38,3		
		Sem informação	Desconhecido	14,1	35,31	
				Fêmea	18,9	76,27
				Macho	15,7	49,21
			25,5	195,59		
			18,5	42,03		
	19,6		82,69			
	Praia do Preá	Substrato Natural Consolidado	Macho	22,5	124,11	
				18,3	65,61	
		Marambaias	Fêmea	20,6	104,8	
				17	58,85	
		Sem informação	Macho	14,4	33,04	
15,4				41,55		
Substrato Natural Consolidado	Macho	17,5	46,16			

Tabela 1 Dados das coletas de *P. volitans* na área de Estudo do Parque Nacional de Jericoacoara (PNJ)

O peso total dos exemplares resultou na mediana de 41,8 g (mín. 28,0 e máx 195,6) e com média do peso total de 59,2 g \pm 41,6. As fêmeas demonstraram uma variação de peso entre 28,0 g e 104,8 g, com uma mediana de 35,3 g, enquanto os machos exibiram variações situadas entre 28,2 g e 195,6 g, com uma mediana de 44,1 g. O exemplar de maior peso corresponde a um indivíduo macho, enquanto o de menor peso pertence a uma fêmea (Figura 4). O peso médio dos machos (65,4 g \pm 48,9) foi maior que o peso médio das fêmeas (52,0 g \pm 29,4).

Considerando a amostra total, a mediana do comprimento total (CT) foi de 15,5 cm (mín. 12,9 e máx. 25,5) com média de 16,8 cm \pm 3,4. Na figura 3, observa-se comprimento total dos machos apresentou mediana de 16,6 cm (mín. 12,9 e máx. 25,5) dos machos. Já as fêmeas apresentaram mediana para CT de 14,2 cm (mín. 13,8 e máx. 20,6). No que diz respeito às medidas de tendência central, o comprimento total médio dos machos (17,4 cm \pm 3,75) foi superior ao das fêmeas (16,1 cm \pm 2,8) (Figura 4).

No entanto, a maior parte dos exemplares de *P. volitans* capturados no PNJ apresentaram gônadas em maturação, indicando um possível período próximo de reprodução dos espécimes capturados (Figura 4).

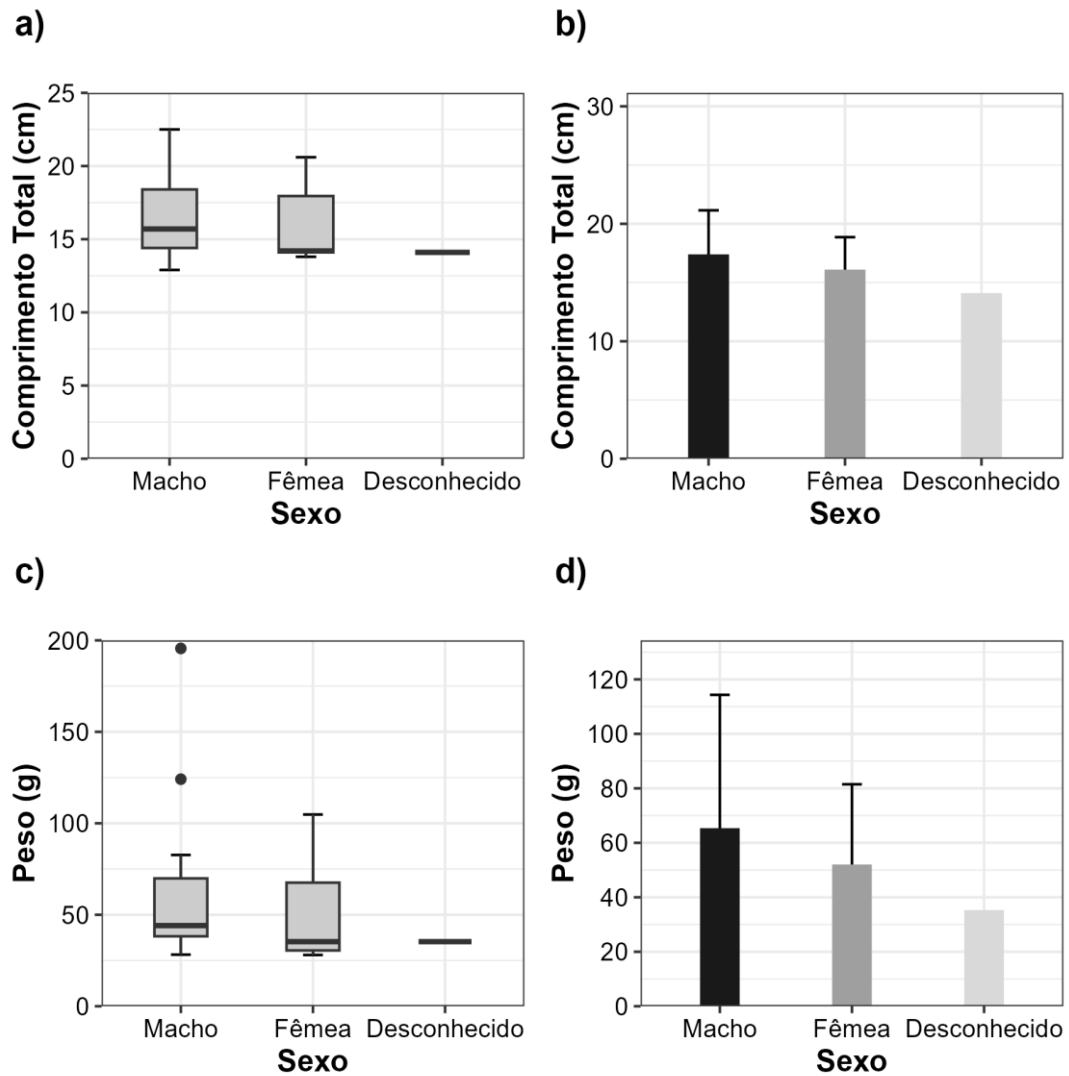


Figura 4 a) Boxplot do Comprimento Total (CT) entre o sexo; b) Média e desvio padrão do Comprimento Total (CT) entre o sexo; c) Boxplot do Peso (g) entre o sexo; d) Média e desvio padrão do peso entre os sexos.

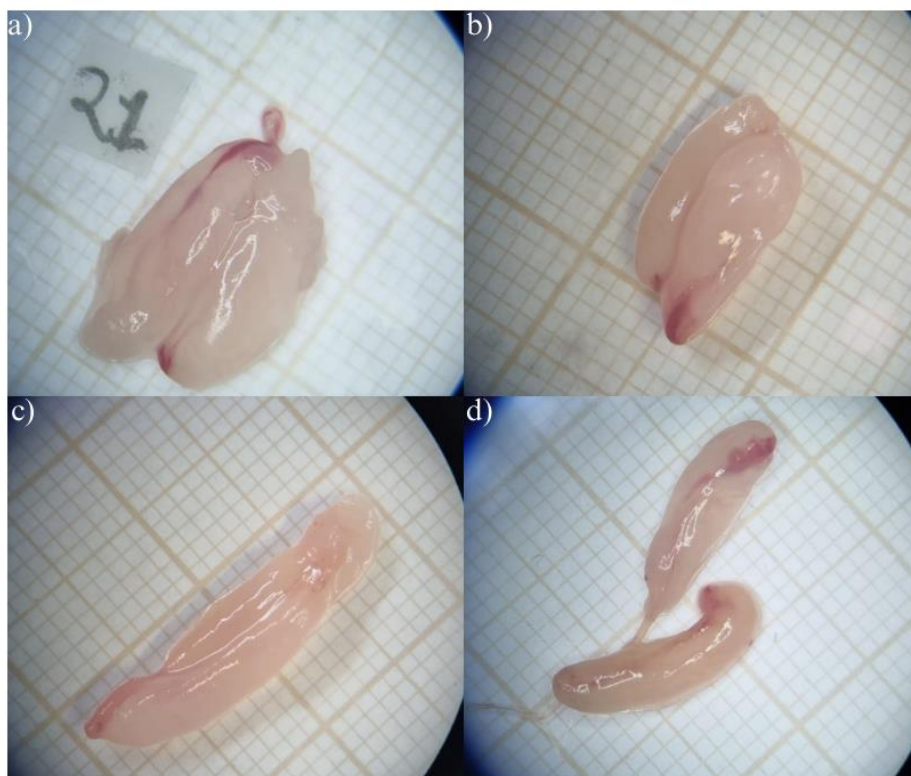


Figura 5 Registro de gônadas das amostras de *P. volitans*. a) fêmea em maturação; b) fêmea em maturação; c) macho em maturação; d) fêmea em maturação.

4.3. Índice de Repleção, frequência de ocorrência, frequência volumétrica e índice alimentar (IR, $Fi\%$, $Fv\%$, $Iai\%$)

O Índice de Repleção (IR) foi calculado com base nos 14 estômagos analisados, resultando em uma média de $(2,43 \pm 1,28)$. Esse valor médio indica que os estômagos estavam preenchidos em aproximadamente 50% (Tabela 2).

Índice de Repleção (IR)	
<i>Pterois volitans</i>	Média/Desvio padrão $2,43 \pm 1,28$

Tabela 2 Índice de Repleção (IR) do *P. volitans*

Foram analisados 14 estômagos dos exemplares coletados e identificados 7 grupos de itens principais na dieta do *P. volitans* capturados no Parna de Jericoacoara, sendo a matéria orgânica digerida (MOD) e matéria orgânica vegetal (MOV) nos estômagos foram

identificados até a origem, animal ou vegetal; os teleósteos independente do grau de digestão e que não tiveram seu táxon identificado e foram determinados como “Peixe digerido”; as estruturas de peixes (e. g., ossos de peixe, escamas) e demais estruturas foram encontrados e classificados como “Fragmento de peixes” (Tabela 3). Os teleósteos encontrados nos estômagos exibiam comprimento total de no máximo 5,0 centímetros, sugerindo uma dieta composta por peixes de pequeno porte.

Dos 30 itens categorizados, 21 correspondiam a peixes ósseos, 6 a MOD, 2 a fragmentos de peixes e 1 a MOV. A análise da composição percentual dos itens alimentares revelou que o peixe digerido foi o mais frequente, representando 57,14% da composição total dos estômagos. A matéria orgânica digerida de origem animal correspondeu a 42,86% e foi o segundo item mais frequente nas análises, seguido pelos fragmentos de peixes, predominantemente escamas, que compuseram 14,29% do total, com mesmo percentual para o peixe ósseo *Haemulon parra*, espécie muito abundante nos ecossistemas recifais do nordeste brasileiro. Os três outros grupos, MOV, teleósteos da família Haemulidae e a espécie *Acanthurus chirurgus*, apresentaram uma frequência igual de 7,14% (Figura 6).

<i>Pterois volitans</i>				
Grupo	Item Alimentar	Fi(%)	Fv(%)	IAi(%)
Origem animal	Matéria Orgânica Digerida (MOD)	42,86	15,79	20,64
Origem vegetal	Matéria Orgânica Vegetal (MOV)	7,14	0,34	0,08
Outros	Fragmentos de peixes	14,29	2,87	1,25
Peixes	Peixe digerido	57,14	35,07	61,15
	<i>Acanthurus chirurgus</i>	7,14	4,02	0,88
	Haemulidae	7,14	10,33	2,25
	<i>Haemulon parra</i>	14,29	31,57	13,76

Tabela 3 Análise de itens alimentares do *P. volitans*.

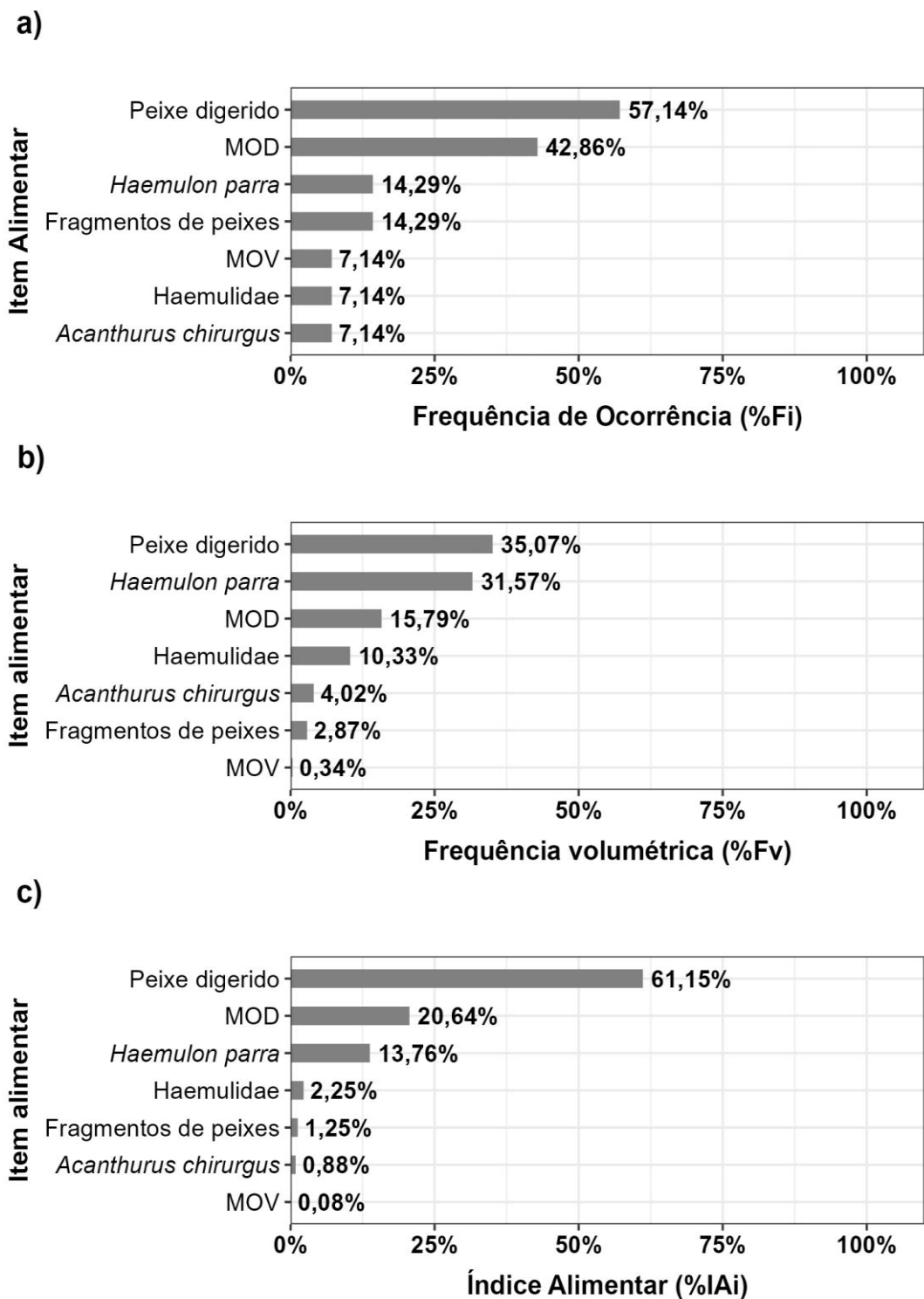


Figura 6 Gráfico de itens alimentares. a) Frequência de Ocorrência (%Fi); b) Frequência volumétrica (%Fv); c) Índice Alimentar (%IAi).

Os maiores volumes de itens alimentares foram observados no peixe digerido (%Fv = 35,07), seguidos pelo teleósteo da espécie *H. parra* (%Fv = 31,57) e, em terceiro lugar, pela MOD (%Fv = 15,79). Em seguida, posteriormente, os peixes da família Haemulidae (%Fv = 10,33) e da família Acanthuridae (*A. chirurgus*) (%Fv = 4,02) foram o quarto e quinto

itens com os maiores volumes, respectivamente. Por fim, foram identificados volumes menores representados pelos fragmentos de peixes (%Fv = 2,87) e pela matéria orgânica vegetal (MOV) (%Fv = 0,34).

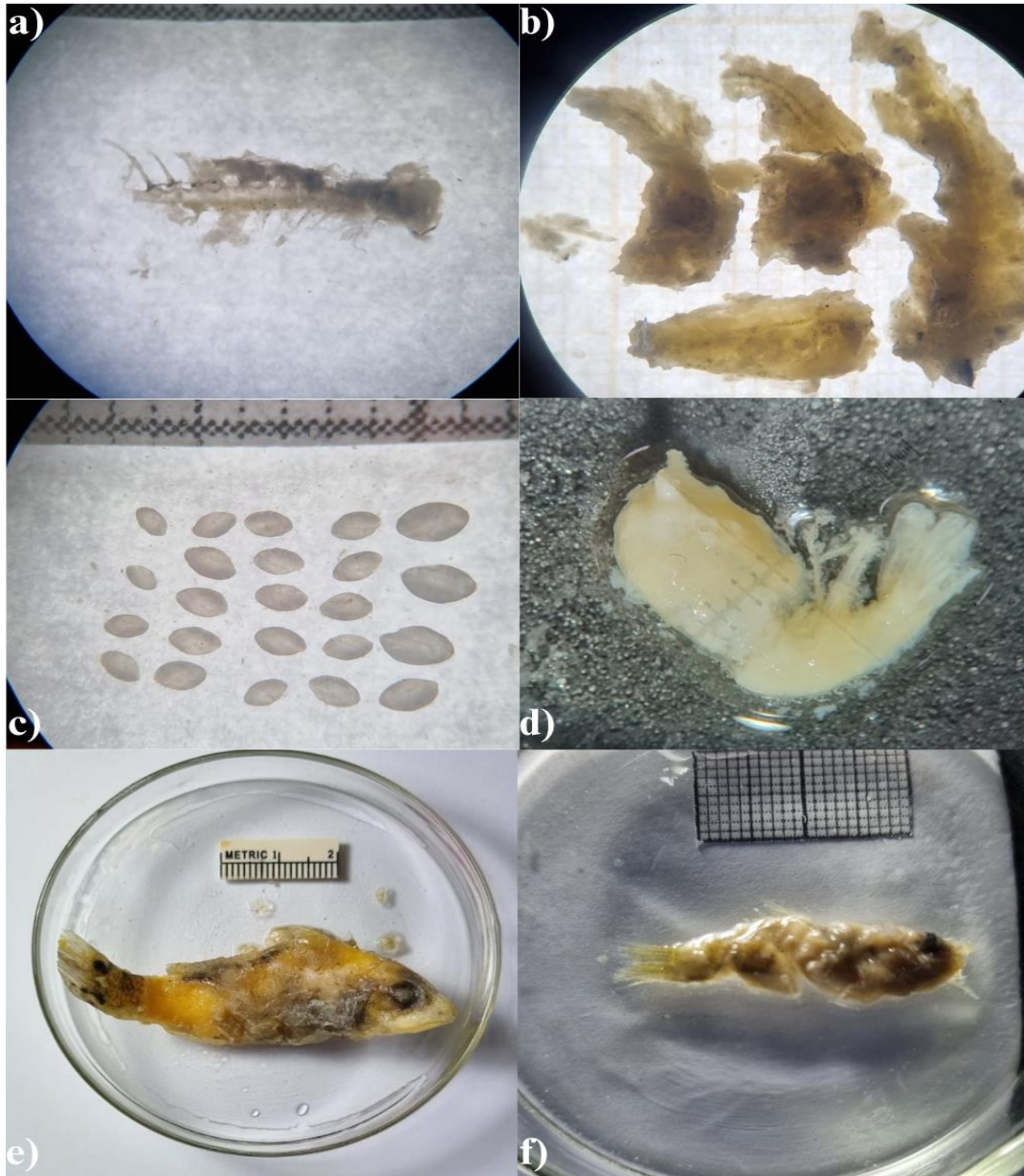


Figura 7 - Itens alimentares do *P. volitans*. a) Peixe digerido; b) Peixe digerido; c) Fragmentos de peixes; d) Matéria Orgânica Digerida (MOD); e) *Haemulon parra*; f) peixe da família Haemulidae.

O item predominante na dieta de todos os estômagos de *Pterois volitans* analisados foi peixe digerido, representando 61,15% do Índice Alimentar (IAi%) total. Em segundo lugar, encontramos a MOD (IAi% = 20,64) de origem animal em estado avançado de digestão. Em seguida, a superclasse dos Osteichthyes, especificamente da espécie *Haemulon parra* (IAi% = 13,76), foi o terceiro item mais comum nos estômagos. Os peixes da família Haemulidae

também foram identificados (IAi% = 2,25), embora o táxon específico não tenha sido determinado devido ao grau de digestão do item. Os fragmentos de peixes (IAi% = 1,25) encontrados consistiam unicamente de escamas, representando o quinto item com maior percentagem no Índice Alimentar (IAi). O *Acanthurus chirurgus* (IAi% = 0,88%), pertencente à família Acanthuridae, foi o sexto item mais presente. Por fim, a MOV (IAi% = 0,08) registrou o menor percentual nos estômagos analisados (Figura 5).

5. Discussão e Conclusões

Este estudo apresenta resultados inéditos referentes aos primeiros registros do peixe-leão (*Pterois volitans*), uma espécie exótica invasora originária do Indo-Pacífico, com informações abrangendo comprimento, peso, estágio gonadal e dieta na Unidade de Conservação de Proteção Integral do Parque Nacional de Jericoacoara. Embora o primeiro registro documentado tenha sido realizado por Ferreira *et al.* (2015) na costa brasileira, a subsequente ocorrência dessa espécie em outras áreas do Sudoeste do Oceano Atlântico era uma inevitabilidade em razão das condições ambientais propícias. Entretanto, em virtude da ampla gama de estudos e pesquisas realizados nas duas últimas décadas, tornou-se clara a urgente necessidade de implementar medidas preventivas visando à erradicação e ao controle da invasão do peixe-leão.

Primeiramente, relevante ressaltar que Soares *et al.* (2022) apresenta os primeiros registros do peixe-leão (*P. volitans*) no estado do Ceará, com ênfase nas áreas invadidas, número de indivíduos registrados e os principais aspectos relacionados do efeito da bioinvasão sobre duas áreas marinhas protegidas (AMPs): a Área de Proteção Ambiental do Delta do Parnaíba (APA Delta do Parnaíba) e o Parque Nacional de Jericoacoara (Parna de Jericoacoara). Este estudo complementa a pesquisa anterior com informações adicionais de comprimento e peso do sexo dos exemplares capturados, bem como estágio gonadal e dieta dos indivíduos.

Conforme documentado por Soares *et al.* (2022; 2023), o peixe-leão é encontrado em habitats de regiões rasas da plataforma continental, com profundidades de até 200 metros. Este peixe habita diversos tipos de substratos, incluindo fundos de coral, leitos de algas marinhas, bancos de rodólitos, áreas de manguezais, fundos de areia e lama, além de substratos artificiais, como naufrágios e detritos marinhos. Os peixes-leão tendem a ser solitários e exibem atividade tanto durante o dia quanto durante a noite. Durante o dia, eles

se escondem em tocas ou fendas dos recifes de coral para evitar a exposição, permanecendo imóveis enquanto caçam presas, que incluem camarões, caranguejos e peixes pequenos, como pargos em estágios larvais e juvenis. Além disso, os peixes-leão possuem uma defesa notável representada por espinhos na nadadeira dorsal, que estão conectados a glândulas de veneno e se rompem quando o peixe se sente ameaçado (Morris, 2009; ICMBio, 2023).

Todos os espécimes capturados neste estudo foram registrados durante atividades de pesca, o que está em conformidade com a maioria dos relatos recentes sobre o peixe-leão na costa brasileira. Esses relatos frequentemente associam a presença do *Pterois volitans* a atividades de pesca específicas, como o uso de currais de pesca e marambaias (recifes artificiais usados como áreas de pesca) para pescar cavala (*Scomberomorus cavalla*) e serra espanhola (*Scomberomorus brasiliensis*) (Soares *et al.*, 2022), bem como à pesca comercial do pargo (*Lutjanus purpureus*) com o uso do manzuá (Cintra *et al.*, 2023a). Isso confirma a ocorrência do *P. volitans* como fauna acompanhante das espécies-alvo nas atividades de pesca, ressaltando a contribuição dos pescadores nos diversos relatos de estudos e na captura de indivíduos, sugerindo uma participação significativa desse setor econômico nos múltiplos registros do peixe-leão.

Estudos pretéritos conduzidos por Morris Jr. (2009) revelaram uma elevada taxa de reprodução do peixe-leão nas águas da Carolina do Norte, Carolina do Sul e nas Bahamas. Esses estudos indicaram uma produção de aproximadamente dois milhões de ovos por ano, conferindo ao peixe-leão uma notável capacidade de colonização de novos habitats. Além disso, os resultados demonstraram que aproximadamente 50% dos machos atingem a maturidade sexual com cerca de 10 cm de comprimento total (CT), enquanto aproximadamente 50% das fêmeas alcançam a maturidade com cerca de 18,0 cm de CT. Nesse contexto, Cintra *et al.* (2023b) reportaram que os peixes-leão encontrados no Grande Sistema de Recifes do Amazonas (GARS) apresentaram um comprimento total médio de 29,43 cm (mín. 21,5 cm e máx. 35,6 cm) e um peso total médio de 413,8 g (mín. 150,0 g e máx. 733,0 g). Esses resultados indicam que os exemplares adultos reforçam a hipótese de estabilidade da população de *Pterois volitans* na região do GARS. Embora não tenha sido realizada uma avaliação do estágio gonadal, é plausível sugerir que esses peixes provavelmente tenham completado seus ciclos reprodutivos na área. Por outro lado, os resultados deste trabalho apresentam CT e peso total inferiores aos encontrados no estudo anterior, o que reforça que os *P. volitans* capturados nesta pesquisa ainda estão em processo de maturação.

Morris Jr. e Akins (2009) observaram que os indivíduos de *P. volitans* em crescimento tendem a adotar uma dieta mais ampla, que inclui invertebrados, como pequenos crustáceos, e teleósteos de menor porte. À medida que esses peixes se desenvolvem, há uma mudança na preferência alimentar. Correlações entre o tamanho dos peixes-leão e sua composição de dieta indicam que, no oeste do Atlântico, eles passam de uma dieta dominada por camarões para uma dieta dominada por peixes durante seu desenvolvimento ontogenético (Peake *et al.*, 2018). De acordo com os resultados de %Fi, %Fv e IAI% observa-se uma preferência alimentar por peixes, o que sugere uma transição para a primeira maturação e o início da atividade reprodutiva.

Os resultados da análise da dieta do *Pterois volitans* indicaram uma preferência significativa por teleósteos, refletindo um comportamento carnívoro oportunista, com destaque para o item alimentar de presas de peixes da família Haemulidae. Estudos pretéritos conduzidos por Pereira *et al.* (2011) revelam a importância dos peixes do gênero *Haemulon* para ictiofauna de recifes rasos e enfatizam que o “Xiras” são um grupo de suma importância para a pesca artesanal e equilíbrio ecológico dos recifes, na formação de cardumes mistos e mimetismo de proteção para espécies de peixes mais vulneráveis.

É válido ressaltar que o número limitado de amostras disponíveis não torna possível estabelecer inferências conclusivas sobre esses indícios, uma vez que apenas 14 estômagos de um total de 20 exemplares puderam ser analisados devido a problemas no armazenamento das amostras durante o transporte do Parque Nacional de Jericoacoara para o laboratório.

Por fim, é fundamental realizar estudos sobre a densidade e a estrutura da população, pois isso possibilita a avaliação do nível de infestação e a compreensão da dinâmica populacional. Isso, por sua vez, amplia a capacidade de prever a distribuição potencial e o impacto dessa espécie no Atlântico Sul. Ademais, produzir informações que revelem a interação do *P. volitans* em áreas marinhas protegidas (AMPs), a fim de desenvolver planos eficazes para mitigar seus impactos adversos. Os dados sobre a dieta podem orientar a previsão de sua presença e direcionar iniciativas de conservação para proteger as espécies-chave que compõem sua alimentação. As análises da dieta podem também identificar os estágios de vida mais vulneráveis, considerando suas necessidades alimentares específicas, permitindo que os esforços de controle sejam mais direcionados a esses estágios específicos.

6. Recomendações para o manejo

Este estudo faz parte de um conjunto de ações voltadas para a investigação da invasão do peixe-leão (*Pterois volitans*) no Parque Nacional de Jericoacoara, contribuindo para a coleta de dados e a produção de informações que possam ser utilizadas no desenvolvimento de medidas e estratégias para mitigar os impactos da bioinvasão. Além disso, a continuidade das capturas de peixes-leão nas áreas do parque possibilita a realização de estudos contínuos sobre essa espécie. A criação de um banco de dados que integre informações sobre espécies exóticas invasoras em unidades de conservação pode ser uma ferramenta útil para um manejo mais abrangente e participativo.

7. Agradecimentos

Em primeiro lugar, expresso meus sinceros agradecimentos às minhas duas ilustres orientadoras, Kelly Ferreira Cottens (ICMBio) e Caroline Vieira Feitosa (UFC), notáveis cientistas e educadoras que têm me acompanhado ao longo da minha trajetória acadêmica e de pesquisa. É uma grande honra ser orientado por duas pesquisadoras tão incríveis.

Gostaria também de estender meus agradecimentos ao ICMBio pela oportunidade de crescimento na minha carreira científica. Integrar essa comunidade tem sido um sonho de longa data para mim.

Não posso deixar de reconhecer o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, que desempenhou um papel fundamental no financiamento desta pesquisa.

Sou profundamente grato por fazer parte da equipe do Laboratório de Dinâmica Populacional e Ecologia de Peixes Marinhos (Dipemar), e gostaria de estender meus agradecimentos aos meus colegas de trabalho, que constantemente contribuem para o meu crescimento profissional. Quero destacar especialmente o Oscar de Sousa, que me apoiou em várias etapas desta pesquisa, compartilhando sua vasta sabedoria e experiência.

8. Citações e referências bibliográficas

BATJAKAS; Ioannis E.; EVANGELOPOULOS, Athanasios; GIANNOU, Maria; PAPPOU, Sofia; PAPANIKOLA, Eleftheria; ATSIKVASI, Maria; POURSANIDIS, Dimitris; GUBILI, Chrysoula. Lionfish Diet Composition at Three Study Sites in the Aegean Sea: An Invasive Generalist? **Fishes**, v. 8, n. 6, 2023.

BELLARD, Céline.; CASSEY, Phillip.; BLACKBURN, Tim M. Alien species as a driver of recent extinctions. **Biology Letters**, v. 12, n. 2, 2016.

BLACKBURN, Tim M., ESSL, Franz; EVANS, Thomas; HULME, Philip E.; JESCHKE, Jonathan M.; *et al.* A unified classification of alien species based on the magnitude of their environmental impacts. **PLoS Biology**, v. 12, n. 5, 2014.

BRASIL. Decreto-lei nº 9985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o Art. 225, par. 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: 19/07/2000, p.1. Brasília. Ministério do Meio Ambiente – MMA.

BRUNO, John F.; CÔTÉ, Isabelle M.; TOTH, Lauren T. Climate Change, Coral Loss, and the Curious Case of the Parrotfish Paradigm: Why Don't Marine Protected Areas Improve Reef Resilience? **Annual Review of Marine Science**, v. 11, p. 307-334, 2019.

BURFORD REISKIND, Martha. O.; REED, Emily. M. X.; ELIAS, Alishahi; GIACOMINI, Jonathan J.; MCNEAR, Angela; NIEUWSMA, J.; PARKER, G. A.; ROBERTS, R. B.; ROSSI, Ryann; STEPHENSON, C. N.; STEVENS, Julia. L.; WILLIAMS, B. E. The genomics of invasion: characterization of red lionfish (*Pterois volitans*) populations from the native and introduced ranges. **Biological Invasions**, v. 21, p. 2471-2483, 2019.

CINTRA, Israel Hidenburgo Aniceto; MARTINS, Déborah Elena Galvão; ALVES-JÚNIOR, Flavio de Almeida; SILVA, Kátia Cristina de Araújo; KLAUTAU, Alex Garcia Cavalleiro de Macedo; MUNIZ, Mairink Ribeiro; MARTINS, Victor dos Prazeres; BARBOSA, José Milton. New occurrences of lionfish *Pterois volitans* (Linnaeus, 1758) on the fisheries of the red snapper *Lutjanus purpureus* (Poey, 1866) on the north coast of Brazil. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, v. 11, n. 1, p. 1-8, 2023a.

CINTRA, Israel Hidenburgo Aniceto; MARTINS, Déborah Elena Galvão; ALVES-JÚNIOR, Flavio de Almeida; KLAUTAU, Alex Garcia Cavalleiro de Macedo; SANTOS, Wagner Cesar Rosa dos; MARCENIUK, Alexandre Pires; SILVA, Kátia Cristina de Araújo; CARVALHO, Marina Feitosa; BARBOSA, José Milton. Danger in shallow waters: lionfish *Pterois volitans* (Linnaeus, 1758) in amazon river plume, Amapá, Brazil. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, v. 10, n. 2, p. 67-73, 2022.

CINTRA, Israel Hidenburgo Aniceto; MARTINS, Déborah Elena Galvão; KLAUTAU, Alex Garcia Cavalleiro de Macedo; ARAÚJO JUNIOR, Francisco Ocian de; SILVA, Kátia Cristina Araújo; NASCIMENTO, Rômulo Malta; ALVES-JÚNIOR, Flavio de Almeida. The bioinvasion of lionfish *Pterois volitans* (Linnaeus - 1758) in brazilian waters: an urgent necessity to create strategies to contain the expansion of the species in Brazil. **CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES**, v. 16, n. 7, p. 5797–5810, 2023b.

CONCEIÇÃO, Raimundo Nonato de Lima; NASCIMENTO, Miriam Cunha do. Recifes artificiais instalados em Guamaré, Rio Grande do Norte: Programa de Apoio À Pesca Artesanal. **Arquivo de Ciências do Mar**. Fortaleza, v.42, n. 1, p. 106-111, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.32360/acmar.v42i1.6050>>. Acesso em: 10 set. 2023.

CORIOLOANO, Luzia Neide; MENDES, Eluziane Gonzaga. As interfaces do turismo nas praias de Jericoacoara e Tatajuba: políticas, conflitos e gestões. **Revista Turismo Em Análise**, v. 20, n. 1, p. 96-115, 2009.

CÔTÉ, Isabelle. M.; GREEN, Stephanie. J.; HIXON, Mark. A. Predatory fish invaders: Insights from Indo-Pacific lionfish in the western Atlantic and Caribbean. **Biological Conservation**, v. 164, p. 50–61, 2013.

CÔTÉ, Isabelle. M.; SMITH, Nicola. S. The lionfish *Pterois* sp. invasion: Has the worst-case scenario come to pass? **Journal of Fish Biology**, v. 92, n. 3, p. 660–689, 2018.

DEL RÍO, Laura; NAVARRO-MARTÍNEZ, Zenaida M.; COBIÁN-ROJAS, Dorka; CHEVALIER-MONTEAGUDO, Pedro Pablo; ANGULO-VALDES, Jorge A.; RODRIGUEZ-VIERA Leandro. Biology and ecology of the lionfish *Pterois volitans/Pterois miles* as invasive alien species: a review. **PeerJ**, v. 11, e15728, 2023.

FERREIRA, Carlos E. L.; LUIZ, Osmar J.; FLOETER, Sergio R.; LUCENA, Marcos B.; BARBOSA, Moysés C.; ROCHA, Claudia R.; ROCHA, Luiz A. First Record of Invasive Lionfish (*Pterois volitans*) for the Brazilian Coast. . **PLoS ONE**, v. 10, n. 4, e0123002, 2015.

HADDAD JR., Vidal; GIARRIZZO, Tommaso; SOARES, Marcelo Oliveira. Lionfish envenomation on the Brazilian coast: first report. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 55, p. 1-3, 2022.

HEWITT, Chad L.; CAMPBELL, Marnie L. Mechanisms for the prevention of marine bioinvasions for better biosecurity. **Mar Pollut Bull**, v. 55, n. 7-9, p. 395-401. 2007.

HYSLOP, E. J. Stomach contents analysis a review of methods and their application. **Journal of Fish Biology**, v. 17, p. 411-429, 1980.

ICMBio. Guia de orientação para o manejo de espécies exóticas invasoras em unidades de conservação federais / **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**. - ICMBio, v. 4.. - Brasília, DF : Instituto Chico Mendes, 2023.

IPECE. Governo do Estado do Ceará: Secretaria do Planejamento e Gestão. **Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará**. Limites Municipais. Disponível em: <<https://www.ipece.ce.gov.br/consulta-aos-mapas-e-legislacao/>>. Acesso em: 01 Set. 2023.

KASSAMBARA, Alboukadel. Rstatix: Pipe-Friendly Framework for Basic Statistical Tests. R Package Version 0.7.2. 2023. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=rstatix>>. Acesso em: 12 Ago. 2023.

KAWAKAMI, E.; VAZZOLER, G. Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 29, n. 2, p. 205–207, 1980.

KULBICKI, Michel; BEETS, James; CHABANET, Pascale; CURE, Katherine; DARLING, Emily; FLOETER, Sergio R.; GALZIN, René; GREEN, Alison; HARMELIN-VIVIEN, Mireille; HIXON, Mark; LETOURNEUR, Yves; LOMA, Thierry Lison de; MCCLANAHAN, Tim; MCILWAIN, Jennifer; MOUTHAM, Gérard; MYERS, Robert; O’LEARY, Jennifer K.; PLANES, Serge; VIGLIOLA, Laurent; WANTIEZ, Laurent. Distributions of Indo-Pacific lionfishes *Pterois* spp. in their native ranges: implications for the Atlantic invasion. **Marine Ecology Progress Series**, v. 446, p. 189-205, 2012.

LUIZ, Osmar. J.; SANTOS, Wagner C. R. dos; MARCENIUK, Alexandre P.; ROCHA, Luiz A.; FLOETER, Sergio R.; BUCK, Clara. E.; KLAUTAU. Alex Garcia C. M. de; FERREIRA, Carlos Eduardo Leite. Multiple lionfish (*Pterois* spp.) new occurrences along the Brazilian coast confirm the invasion pathway into the Southwestern Atlantic. **Biological Invasions**, v. 23, 3013–3019, 2021.

MACK, Richard N.; SIMBERLOFF, Daniel; LONSDALE, W. Mark; EVANS, Harry; CLOUT, Michael; BAZZAZ, Fakhri A. Biotic Invasions: Causes, Epidemiology, Global Consequences, and Control. **Ecological Applications**, v 10, n. 3, p. 689–710, 2000.

MAGGIONI, Rodrigo; ROCHA, Rafael S.; VIANA, Jhonatas T.; GIARRIZZO, Tommaso; RABELO, Emanuelle F.; FERREIRA, Carlos E. L.; SAMPAIO, Claudio L. S.; PEREIRA, Pedro H. C.; ROCHA, Luiz A.; TAVARES, Tallita C. L.; SOARES,

Marcelo O. Genetic diversity patterns of lionfish in the Southwestern Atlantic Ocean reveal a rapidly expanding stepping-stone bioinvasion process. **Scientific Reports**, v. 13, n. 13469, 2023.

MEIRELES, Antônio Jeovah Andrade de. GEODINÂMICA DOS CAMPOS DE DUNAS MÓVEIS DE JERICOACOARA/CE-BR (geodynamics aspects of the coastal sand dunes of Jericoacoara National Park, Ceará/Brazil). **Mercator**, Fortaleza, v. 10, n. 22, p. 169-190. 2011.

MORRIS JR., James Adiel. The biology and ecology of invasive Indo-Pacific lionfish. Ph.D. Dissertation. North Carolina State University, Raleigh, NC. 168p. 2009.

MORRIS JR., James Adiel; AKINS, John L. Feeding ecology of invasive lionfish (*Pterois volitans*) in the Bahamian archipelago. **Environ Biol Fish**, v. 86, p. 389-398, 2009.

MORRIS Jr., James Adiel; WHITFIELD, Paula E. Biology, ecology, control and management of the invasive Indo-Pacific lionfish : an updated integrated assessment. **NOAA**, v. 99, p. 1-57, 2009. Disponível em: <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/16905/noaa_16905_DS1.pdf>. Acesso em: 01 Set. 2023.

PEAKE, Jonathan; BOGDANOFF, Alex K.; LAYMAN, Craig A.; CASTILLO, Bernard; REALE-MUNROE, Kynoch; CHAPMAN, Jennifer; DAHL, Kristen; PATTERSON III, William F.; EDDY, Corey; ELLIS, Robert D.; FALETTI, Meaghan; HIGGS, Nicholas; JOHNSTON, Michelle A.; MUNÓZ, Roldan C.; SANDEL, Vera; VILLASENOR-DERBEZ, Juan Carlos; MORRIS, James A. Jr. Feeding ecology of invasive lionfish (*Pterois volitans* and *Pterois miles*) in the temperate and tropical western Atlantic. **Biological Invasions**, v. 20, p. 2567–2597, 2018.

PEREIRA, Pedro Henrique Cipresso; FEITOSA, João Lucas Leão; FERREIRA, Beatrice Padovani. Mixed-species schooling behavior and protective mimicry involving coral reef fish from the genus *Haemulon* (Haemulidae). **Neotropical Ichthyology**, v. 9, n. 4, p. 741-746, 2011.

R Core Team. *R: A language and environment for statistical computing*. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2023. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 12 Ago. 2023.

SAKAI, Ann. K.; ALLENDORF, Fred W.; HOLT, Jodie S.; LODGE, David M.; MOLOFSKY, Jane, WITH, Kimberly A.; BAUGHMAN, Syndallas; CABIN, Robert. J.; COHEN, Joel E.; ELLSTRAND, Norman C.; MCCAULEY, David. E.; O'NEIL, Pamela; PARKER, Ingrid M.; THOMPSON, John. N., WELLER, Stephen G. The

Population Biology of Invasive Species. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 32, n. 1, p. 305–332. 2001.

SAMPAIO, Alexandre Bonesso; SCHMIDT, Isabel Belloni. Espécies exóticas invasoras em unidades de conservação federais do Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v. 3, n. 2, p. 32-49, 2013.

SCHOFIELD, Pamela J. Geographic extent and chronology of the invasion of non-native lionfish (*Pterois volitans* [Linnaeus 1758] and *P. miles* [Bennett 1828]) in the Western North Atlantic and Caribbean Sea. **Aquatic Invasions**, v. 4, n. 3, p. 473-479, 2009.

SCHOFIELD, Pamela J. Update on geographic spread of invasive lionfishes (*Pterois volitans* [Linnaeus, 1758] and *P. miles* [Bennett, 1828]) in the Western North Atlantic Ocean, Caribbean Sea and Gulf of Mexico. **Aquatic Invasions**, v. 5, S117-S122, 2010.

SMITH, Nicola. S.; CÔTÉ, Isabelle. M. Biotic resistance on coral reefs? Direct and indirect effects of native predators and competitors on invasive lionfish. **Coral Reefs**, v. 40, p. 1127-1136, 2021.

SOARES, Marcelo O.; FEITOSA, Caroline V.; GARCIA, Tatiane M.; COTTENS, Kelly Ferreira; VINICIUS, Bruno; PAIVA, Sandra Vieira; DUARTE, Oscar de Sousa; GURJÃO, Lívio Moreira; SILVA, Grasielle Dayse de Vasconcelos; MAIA, Rafaela Camargo; PREVIATTO, Diego M.; CARNEIRO, Pedro B. M.; CUNHA, Edna; AMÂNCIO, Antonio Carlos; SAMPAIO, Claudio L. S.; FERREIRA, Carlos E.L., PEREIRA, Pedro H.C., ROCHA, Luiz A., TAVARES, Tallita C. L.; GIARRIZZO, Tommaso. Lionfish on the loose: Pterois invade shallow habitats in the tropical southwestern Atlantic. **Front. Mar. Sci.**, v. 9, 2022.

SOARES, Marcelo O.; PEREIRA, Pedro H.C.; FEITOSA, Caroline V.; MAGGIONI, Rodrigo; ROCHA, Rafael S.; BEZERRA, Luis Ernesto Arruda; DUARTE, Oscar S.; PAIVA, Sandra V.; NOLETO-FILHO, Eurico; QUEIROZ, MAIARA; CSAPO-THOMAZ, Mayra; GARCIA, Tatiane M.; ARRUDA JÚNIOR, José Pedro Vieira; COTTENS, Kelly Ferreira.; VINICIUS, Bruno; ARAÚJO, Ricardo; Eirado, Clara Buck do; SANTOS, Lucas Penna Soares; GUIMARÃES, Tainah Corrêa Seabra; TARGINO, Carlos Henrique; FILHO, José Amorim-Reis; SANTOS, Wagner Cesar Rosa dos; KLAUTAU, Alex Garcia Cavalleiro de Macedo; GURJÃO, Lívio Moreira de; MACHADO, Daniel Accioly Nogueira; MAIA, Rafaela Camargo; SANTOS, Emanuel Soares; SABRY, Rachel; ASP, Nils; CARNEIRO, Pedro B.M.; RABELO, Emanuelle F.; TAVARES, Tallita C.L.; LIMA, Gislaïne Vanessa de; SAMPAIO, Claudio L. S.; ROCHA, Luiz A.; FERREIRA, Carlos E.L.; GIARRIZZO, Tommaso. Lessons from the invasion front: Integration of research and management of the lionfish invasion in Brazil. **Journal of Environmental Management**, v. 340, 2023.

WEIGLE, Shannon . M.; SMITH, L. David; CARLTON, James. T.; PEDERSON, Judith. Assessing the Risk of Introducing Exotic Species via the Live Marine Species Trade. **Conservation Biology**, v. 19, n. 1, p. 213–223, 2005.

WICKHAM, Hadley. Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. **Springer-Verlag New York**, 2016. Disponível em: <<https://ggplot2.tidyverse.org>>. Acesso em: 12 Ago. 2023.

WICKHAM, Hadley; FRANÇOIS, Romain; HENRY, Lionel, MÜLLER, Kirill; VAUGHAN, Davis. Dplyr: A Grammar of Data Manipulation_. R Package Version 1.1.3, 2023. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>>. Acesso em: 12 Ago. 2023.

WORGAN, J. P.; FITZGERALD, G. J. Diel activity and diet of three sympatric sticklebacks in tidal salt marsh pools. **Canadian Journal of Zoology**, v. 59, p. 2375–2379, 1981.

XIMENES NETO, Antonio Rodrigues; PINHEIRO, Matheus Silveira; VASCONCELOS, Yan Gurgel; LEISNER, Melvin Moura; PAULA, Davis Pereira de. Padrão Depositional Misto Siliciclástico-Carbonático na Interação Praia-Duna: O caso da Praia do Preá, CE (NE-Brasil). **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 12, n. 1, p. 29-35, 2021. ISSN 2176-6142. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/abequa/article/view/73244>>. Acesso em: 09 Set. 2023. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abequa.v12i1.73244>.