

CIÊNCIAS DO MAR:

Estudos Sobre
o Ambiente
Marinho e Costeiro

Paulo Alexandre de Sousa Falé
(organizador)



EDITORA
ARTEMIS

2024

CIÊNCIAS DO MAR:

Estudos Sobre
o Ambiente
Marinho e Costeiro

Paulo Alexandre de Sousa Falé
(organizador)



EDITORA
ARTEMIS

2024



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

Editora Chefe	Prof. ^a Dr. ^a Antonella Carvalho de Oliveira
Editora Executiva	M. ^a Viviane Carvalho Mocellin
Direção de Arte	M. ^a Bruna Bejarano
Diagramação	Elisangela Abreu
Organizador	Paulo Alexandre de Sousa Falé
Imagem da Capa	Vvoenny/123RF
Bibliotecário	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Conselho Editorial

Prof.^a Dr.^a Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”*, Cuba
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof. Dr. Agustín Olmos Cruz, *Universidad Autónoma del Estado de México*, México
Prof.^a Dr.^a Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba, Brasil
Prof.^a Dr.^a Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof.^a Dr.^a Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru
Prof.^a Dr.^a Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
Prof.^a Dr.^a Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.^a Dr.^a Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.^a Dr.^a Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato*, México
Prof.^a Dr.^a Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal
Prof.^a Dr.^a Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF, Brasil
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
Prof.^a Dr.^a Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará, Brasil
Prof.^a Dr.^a Edith Luévano-Hipólito, *Universidad Autónoma de Nuevo León*, México
Prof.^a Dr.^a Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, Universidade de São Paulo (USP), Brasil
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima, Brasil
Prof.^a Dr.^a Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México



Prof.ª Dr.ª Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca, Espanha*
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República, Uruguay*
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara, México*
Prof. Dr. Fernando Hitt, *Université du Québec à Montréal, Canadá*
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Gabriela Gonçalves, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil
Prof.ª Dr.ª Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, Instituto Politécnico da Guarda, Portugal
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*
Prof. Dr. Guillermo Julián González-Pérez, *Universidad de Guadalajara, México*
Prof. Dr. Håkan Karlsson, *University of Gothenburg, Suécia*
Prof.ª Dr.ª Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco, Brasil
Prof.ª Dr.ª Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura, Peru*
Prof.ª Dr.ª Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof. Dr. Ivan Amaro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío, Chile*
Prof.ª Dr.ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas, Brasil
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz, *University of Miami and Miami Dade College, Estados Unidos*
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha, Espanha*
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, Universidade de Évora, Portugal
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros, Brasil
Prof. Dr. Jorge Ernesto Bartolucci, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Prof. Dr. José Cortez Godinez, Universidad Autónoma de Baja California, México
Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Diaz, Instituto Politécnico Nacional, México
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid, Espanha*
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Colômbia*
Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yañez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México*
Prof. Dr. Juan Porras Pulido, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
Prof.ª Dr.ª Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil
Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo, Brasil
Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodriguez, *Universidad Santiago de Compostela, Espanha*
Prof. Dr. Manuel Simões, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal
Prof.ª Dr.ª Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil
Prof.ª Dr.ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil
Prof.ª Dr.ª María Alejandra Arecco, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil
Prof.ª Dr.ª Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I, Espanha*



Prof.^ª Dr.^ª Maria da Luz Vale Dias – Universidade de Coimbra, Portugal
Prof.^ª Dr.^ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.^ª Dr.^ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil
Prof.^ª Dr.^ª M^ªGraça Pereira, Universidade do Minho, Portugal
Prof.^ª Dr.^ª Maria Gracinda Carvalho Teixeira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.^ª Dr.^ª María Guadalupe Vega-López, *Universidad de Guadalajara, México*
Prof.^ª Dr.^ª Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal
Prof.^ª Dr.^ª Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba*
Prof.^ª Dr.^ª Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof. Dr. Melchor Gómez Pérez, Universidad del País Vasco, Espanha
Prof.^ª Dr.^ª Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México
Prof.^ª Dr.^ª Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense, Brasil
Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Peru*
Prof.^ª Dr.^ª Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof.^ª Dr.^ª Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sérgio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof.^ª Dr.^ª Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*
Prof.^ª Dr.^ª Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil
Prof.^ª Dr.^ª Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University, Russia*
Prof.^ª Dr.^ª Susana Álvarez Otero – Universidad de Oviedo, Espanha
Prof.^ª Dr.^ª Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal
Prof.^ª Dr.^ª Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil
Prof.^ª Dr.^ª Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
Prof.^ª Dr.^ª Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Colômbia*
Prof. Dr. Xosé Somoza Medina, *Universidad de León, Espanha*

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

C569 Ciências do mar [livro eletrônico] : estudos sobre o ambiente marinho e costeiro / Organizador Paulo Alexandre de Sousa Falé. – Curitiba, PR: Artemis, 2024.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilíngue

ISBN 978-65-81701-30-7

DOI 10.37572/EdArt_281024307

1. Ciências do mar. 2. Oceanografia. 3. Recursos marinhos. I. Falé, Paulo Alexandre de Sousa.

CDD 333.9164

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



INTRODUÇÃO

As ciências do mar desempenham um papel crucial na compreensão dos ecossistemas marinhos e costeiros, que são essenciais para a biodiversidade e a saúde do planeta.

Neste contexto, o presente livro, "Ciências do Mar: Estudos Sobre o Ambiente Marinho e Costeiro", reúne uma série de pesquisas que exploram aspectos fundamentais desses ambientes, desde a ecologia de assembleias de peixes até os impactos ambientais causados por atividades industriais.

Os estudos apresentados aqui abordam questões relevantes, como a dinâmica das comunidades de peixes em manguezais e a avaliação dos efeitos de poluentes em solos portuários. Além disso, são discutidos aspectos da biologia marinha, como os hábitos alimentares de espécies de cefalópodes, contribuindo para uma melhor compreensão da dinâmica das cadeias alimentares marinhas.

A governança e a sustentabilidade são temas centrais nas investigações, destacando a importância de uma gestão adequada dos recursos marinhos e costeiros para a resiliência desses ecossistemas. A reflexão sobre práticas de governança portuária e suas implicações para o meio ambiente é fundamental para promover um futuro mais sustentável.

Este livro visa não apenas compartilhar conhecimentos científicos, mas também inspirar novas discussões e ações voltadas para a conservação e o uso sustentável dos ambientes marinhos. Ao explorar as interconexões entre a biologia, a ecologia e as práticas de gestão, esperamos contribuir para um entendimento mais amplo sobre a importância de proteger nossos oceanos e costas.

Convidamos o leitor a embarcar nesta jornada de descoberta e reflexão, explorando as contribuições que moldam o nosso entendimento sobre os oceanos e seus ecossistemas.

Paulo Alexandre de Sousa Falé

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....1

O MODELO DE GOVERNAÇÃO PORTUÁRIA E SUA INFLUÊNCIA NA CRIAÇÃO DE RESILIÊNCIA

Paulo Alexandre de Sousa Falé

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2810243071

CAPÍTULO 2.....17

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS PLANTAS TERMOELÉCTRICAS EN LA CONCENTRACIÓN DE As, Cu, Ni, Pb Y V EN SUELOS DEL PUERTO DE CORONEL-CHILE

Elizabeth González

Pedro Tume

Felipe Neira

José Neira

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2810243072

CAPÍTULO 3..... 29

SIMILARIDADE DE UMA ASSEMBLEIA DE PEIXES TELEÓSTEOS EM UM MANGUEZAL, ILHA DE SÃO LUÍS, MARANHÃO, BRASIL

Maria do Socorro Saraiva Pinheiro

Nivea Fernanda Maria Ferreira Costa

João Filipe Soares da Silva

Denilson da Silva Bezerra

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2810243073

CAPÍTULO 4..... 41

ANNUAL STOMACH CONTENTS OF THE CUTTLEFISH *SEPIA OFFICINALIS*, L., 1758 FROM THE CENTRAL ALGERIAN COAST

Hanane Kennouche

Ahmed Noaur

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2810243074

SOBRE O ORGANIZADOR..... 53

ÍNDICE REMISSIVO 54

CAPÍTULO 1

O MODELO DE GOVERNAÇÃO PORTUÁRIA E SUA INFLUÊNCIA NA CRIAÇÃO DE RESILIÊNCIA

Data de submissão: 20/08/2024

Data de aceite: 12/09/2024

Paulo Alexandre de Sousa Falé

Portugal – Madeira – Funchal

<https://orcid.org/0000-0002-4494-6266>

Change before you have to
Jack Welch

RESUMO: Os portos são infraestruturas críticas no sistema global de transporte e comércio, funcionando como pontos de conectividade entre as rotas marítimas e as restantes redes de distribuição intermodal. Decorrente da importância estratégica do setor, em conjunto o transporte marítimo e os portos geram mais de 80 por cento do comércio mundial de mercadorias em volume e mais de 70 por cento em termos de valor económico, a sua eficiência e a continuidade operacional são fundamentais para o desenvolvimento económico regional e global. O crescimento da complexidade e interdependência das cadeias logísticas, combinadas com diferentes perturbações associadas às alterações climáticas, tais como, conflitos geopolíticos, pandemias e outras ameaças, tem vindo a alterar, nos últimos tempos, o paradigma

da logística marítima e colocado nos portos uma pressão sem precedentes, suscetível de desencadear ondas de choque nas cadeias de abastecimento e, deste modo, paralisar o comércio e as atividades mundiais. Neste contexto, a capacidade de adaptação dos portos para responder a crises, assim como a recuperação das operações após um incidente disruptivo, torna-se primordial. A resiliência de um porto é caracterizada como sendo a capacidade de manter operativos, perante a diversidade de perturbações (pandemias, catástrofes naturais, ciberataques ou ataques terroristas), um nível de serviços aceitável, para assegurar a sua atividade operacional (serviços e infraestruturas para os navios, cargas e outros clientes), e tornou-se um tema central de estudo. Embora seja possível o seu estudo e análise de forma isolada, o conceito está intrinsecamente ligado à tipologia de modelos de governação que regem as operações portuárias, dado que a estrutura organizacional, a distribuição de poder e a coordenação entre os diferentes parceiros influenciam diretamente a capacidade de resposta às diversas categorias de riscos e a capacidade de adaptação a crises. Os modelos de governação portuária apresentam variações ao longo do tempo e espaço, que refletem diferentes tradições jurídicas, económicas e políticas. Enquanto, em alguns portos, o modelo de governação assenta na centralização, onde uma única autoridade controla as operações, outros optam por

modelos mais descentralizados ou híbridos, que envolvem a participação de múltiplos parceiros, incluindo autoridades locais, operadores privados e outras partes interessadas. Cada modelo apresenta um conjunto diferente de vantagens e desvantagens, tanto em termos de flexibilidade, como de eficiência, capacidade de inovação ou resiliência.

PALAVRAS CHAVE: Administração. Gestão. Governança. Portuária. Resiliência. Risco.

1 MODELOS DE GOVERNAÇÃO PORTUÁRIA

1.1 CONCEITO DE GOVERNAÇÃO PORTUÁRIA

Os portos são infraestruturas críticas para a economia, contribuindo ativamente para a concretização do comércio e para o movimento de mercadorias e funcionam como interfaces entre o transporte marítimo e as redes terrestres de distribuição. A governança eficaz dos portos é, portanto, crucial para garantir a eficiência das cadeias logísticas globais. Embora o objetivo global seja idêntico, os modelos de gestão portuária variam significativamente em diferentes partes do mundo, refletindo as diferentes tradições políticas, económicas e culturais (Brooks M. R., 2008).

É importante destacar que a gestão, as operações e o desenvolvimento portuário requerem investimento (em capital), consomem recursos escassos (terrenos públicos), geram efeitos colaterais (ruído, emissões) e envolvem muitos decisores e partes interessadas, como a autoridade portuária, operadores de terminais, operadores ferroviários, empresas de transporte rodoviário, fornecedores de logística e toda a atividade complementar que é desenvolvida nas cidades portuárias (Notteboom T. e., 2022).

A governança portuária é descrita como a adoção e aplicação de regras que regem a conduta e o exercício da autoridade, bem como dos recursos institucionais, para desenvolver e gerir as atividades portuárias com o objetivo de beneficiar a sociedade e a economia. A atividade pode ser realizada tanto pelo setor público como pelo privado; embora tenda a ser aplicada de diferentes formas, dependendo do conjunto de interesses que estejam em questão (públicos ou privados) (Notteboom T. e., 2022).

As tendências no comércio (global) e no transporte são indicadores vitais para a governança portuária, pois definem o ambiente económico e comercial em que os portos operam nas suas diferentes localizações. Desde a década de 1980, a governança portuária assumiu um papel central nas agendas da maioria dos governos com interesses estratégicos no transporte marítimo. Um ambiente económico em constante mudança, impulsionado pela globalização da produção e distribuição, pela alteração nas formas de transporte de carga e pelos avanços tecnológicos, levou ao fim dos modelos de governança portuária estáveis e controlados pelo Estado (públicos) e à necessidade de

adaptação a um novo paradigma, o que implicou mudanças nas estruturas de governação portuária em muitos países (Notteboom T. e., 2022).

Os objetivos da governação portuária são delineados dentro de um determinado contexto económico, onde as tendências no comércio global, a facilitação do comércio, a organização do transporte e os acordos e logística relacionados, fornecem informação para os responsáveis pela formulação de políticas, quer seja a nível nacional, regional ou local/portuário. Além disso, os processos de digitalização dos portos têm conduzido à necessidade de reajustar as relações operacionais e comerciais dentro da comunidade portuária, influenciando assim mudanças na governação portuária (Notteboom T. e., 2022).

1.2 OBJETIVOS DA GOVERNAÇÃO PORTUÁRIA

Os objetivos da governação portuária, definidos por governos ou outros organismos com competências de decisão política, variam conforme o contexto económico, político e social, no entanto, geralmente incluem a maximização da eficiência operacional, a promoção do desenvolvimento económico e a garantia de que os portos continuem a contribuir de forma positiva para as comunidades locais e para a economia em geral (Brooks M. R., 2004).

Na maioria dos casos, os portos vêm os seus papéis como complexos, com múltiplos objetivos e impactos transversais, quer seja a nível nacional, regional ou local, encontrando-se envolvidos no equilíbrio entre múltiplos papéis e expectativas. Os seus objetivos são determinados para lidar com os reguladores governamentais (ou proprietários), clientes, partes interessadas da comunidade local e gestores (ou acionistas) (Notteboom T. e., 2022).

A maximização do volume de tráfego, que implica a otimização das operações para aumentar o número de navios e a quantidade de mercadorias movimentadas no porto e, desta forma, fortalecer as cadeias logísticas globais, é um dos objetivos primordiais da governação portuária. Este objetivo assume particular importância em portos que servem como *hubs* internacionais, sendo, neste caso, o volume de tráfego um indicador chave do sucesso da atividade portuária (Notteboom & Winkelmanns, 2001).

O retorno sobre o investimento é igualmente um objetivo crucial. Uma infraestrutura portuária requer investimentos significativos, não apenas no processo construtivo, mas também ao nível da manutenção, pelo que uma governação eficaz deve assegurar que esses investimentos resultem no retorno económico adequado, seja através de receitas diretas, como taxas portuárias, ou através de benefícios económicos indiretos, como a criação de empregos e o estímulo ao comércio local (Goss, 1990).

A nível local e nacional, a promoção do desenvolvimento económico é também um objetivo fundamental para a governação portuária. Os portos desempenham um papel vital no desenvolvimento económico, não apenas como facilitadores do comércio, mas também como motores de crescimento regional. Governos e autoridades portuárias estabelecem frequentemente metas com o objetivo de assegurar que os portos contribuem para o desenvolvimento económico sustentável, apoiando a economia tanto a nível local como nacional (Cullinane, 2002). Os portos de propriedade e gestão governamental procuram normalmente melhorar a contribuição das atividades portuárias e relacionadas com o transporte marítimo para a economia ou promover e salvaguardar os interesses estratégicos marítimos nacionais. Esta decisão estratégica, pode incluir a proteção das rotas de comércio críticas, a garantia de acesso a mercados internacionais e o apoio às indústrias relacionadas com o transporte marítimo (Brooks M. R., 2004).

Em contraste, os portos privados concentram-se no lucro, na venda e nas oportunidades de desenvolvimento, ou em aumentar o valor financeiro para os seus acionistas. Embora com maior ênfase no retorno financeiro, os portos privados consideram igualmente o valor económico que podem gerar para a sua comunidade local (Baird, 2002).

A crescente importância da sustentabilidade ambiental, tem assumido um papel de enorme relevância na governação portuária moderna. Fortemente impulsionados por restrições legais, os portos têm sido obrigados a adotar políticas para mitigar os impactos ambientais das suas operações, tais como a redução de emissões e a gestão responsável de resíduos, alinhando-se assim com os objetivos globais de desenvolvimento sustentável (Bank, 2007).

Em resumo, os objetivos da governação portuária são multifacetados, adaptando-se ao contexto específico de cada porto. Alcançar o equilíbrio entre interesses económicos, sociais e ambientais é o objetivo crucial para garantir que os portos continuem a desempenhar um papel de motores do desenvolvimento sustentável e da competitividade económica.

2 MODELOS DE GOVERNAÇÃO PORTUÁRIA

2.1 CONFIGURAÇÃO DA GOVERNAÇÃO PORTUÁRIA

O modelo de governação portuária, assenta nas interações entre a tutela governamental responsável (ministério ou outros organismos estatais relevantes), a entidade responsável pela gestão e operação do porto e os parceiros privados

envolvidos na oferta de serviços fundamentais para o modelo de governação. O modelo de governação é usualmente definido, mediante três componentes:

- A estratégia, designadamente os objetivos, as decisões sobre o seu âmbito de mercado e o plano de negócios, conforme definido pela Administração Portuária;
- A estrutura, resultante das regulamentações e políticas governamentais, e da estratégia selecionada pela Administração Portuária;
- O ambiente contextual em que um porto opera, que engloba fatores controláveis e incontroláveis.

O processo de definição do modelo de governação portuária é contínuo e adaptativo, mediante as circunstâncias económicas e o desempenho dos portos e tem por objetivo que as estratégias e os objetivos corporativos, estejam alinhados com o ambiente económico contextual.

2.2 ETAPAS DA REFORMA PORTUÁRIA

Desde o início da última década do século XX (1990), que as reformas na governação portuária têm sido impulsionadas pela globalização e pelo crescimento do comércio marítimo, (aumento da procura pelo transporte de contentores e pela infraestrutura de suporte, providenciada pelos portos de contentores e operadores de terminais), com um claro aumento da autonomia das administrações portuárias a nível local e uma maior participação do setor privado na prestação de serviços portuários (Notteboom T. e., 2022). O primeiro impulso de reformas, ocorrido entre os anos 1990 e início dos anos 2000, com especial relevo para as economias desenvolvidas e em desenvolvimento, alargou a participação de atores privados nas operações e na gestão portuária. O objetivo central foi descentralização da gestão e responsabilidade operacional dos portos e, em menor grau, a transferência de ativos portuários de entidades públicas locais (descentralizadas) para entidades portuárias corporativas privadas orientadas para o lucro (Gomes, 2015).

Na segunda etapa, ainda em curso, os portos, governos e partes interessadas, deixaram de focar o processo de decisão em apenas um único modelo de governação portuária, tendo assumido especial preponderância a implementação do modelo *landlord* (Notteboom T. e., 2022).

2.3 TIPOLOGIA DE REFORMAS PORTUÁRIAS

As reformas na governação portuária podem ser apresentar quatro diferentes tipologias (Notteboom T. e., 2022):

- **Privatização:** Consiste na transferência total da propriedade dos ativos (incluindo terrenos) para uma entidade privada com fins lucrativos. Nesta tipologia de reforma, o papel do governo é de regulador. Em alguns casos, o termo “privatização” é utilizado para descrever a transferência prolongada de direitos de gestão dos portos para entidades privadas, ou seja, a venda da administração portuária pública a uma empresa privada (Notteboom T. e., 2022).
- **Comercialização:** Nesta tipologia, os governos retiraram-se da operação das infraestruturas de transporte, mantendo, no entanto, a sua propriedade. Esta tipologia, é a base do modelo de governação portuária mais adotado, ou seja, é o modelo das concessões de direitos para gerir e operar terminais ou fornecer serviços portuários a terceiros (Notteboom T. e., 2022).
- **Descentralização:** A descentralização da responsabilidade de supervisão do nível nacional para o nível local, incrementa a capacidade de resposta local e a flexibilidade, muitas vezes acompanhando a comercialização. Em alguns casos, essa descentralização de responsabilidade dentro do setor público, inclui a transferência de propriedade para um organismo governamental local (Notteboom T. e., 2022).
- **Corporativização:** Uma forma particular de comercialização, que tem sido o modelo de governação para muitos países e que envolve a criação de uma entidade corporativa legal separada, que assume a responsabilidade legal de fornecer as funções ou serviços mandatados no seu estatuto ou regulamento (Notteboom T. e., 2022).

Ao nível das tipologias de reformas adotadas, a maioria dos portos optou por modelos comercializados ou corporativizados, permitindo uma maior participação privada e a existência de parcerias público-privadas.

2.4 MODELOS DE GESTÃO PORTUÁRIA

Os modelos de gestão portuária são estruturas organizacionais que definem o modelo de partilha de responsabilidades entre os setores público e privado, influenciando diretamente a sua eficiência operacional, capacidade de inovação e atração de investimentos. Existem cinco modelos de gestão portuária, seguidamente descritos:

Public Service ports: Nesta tipologia de modelo, a administração portuária possui e gere todas as infraestruturas e operações, desde a construção e manutenção de cais até ao manuseamento de carga. Embora este modelo salvaguarde o cumprimento das políticas públicas e o alinhamento com os objetivos nacionais de desenvolvimento, enfrenta

usualmente desafios relacionados com a rigidez de procedimentos administrativos e ineficiência, uma vez que a falta de concorrência tende a resultar em menor inovação e na inércia da adaptação às mudanças do mercado. Devido às ineficiências associadas, o número de portos neste modelo de governação tem diminuído significativamente (Notteboom T. e., 2022).

Tool ports: Este modelo de gestão é uma solução híbrida em que a administração portuária é responsável pelas principais infraestruturas e pela provisão de equipamentos, como guindastes e sistemas de movimentação de carga, enquanto que as operações são geridas por operadores privados. O modelo tenta combinar a supervisão pública com a eficiência privada nos serviços de maior influência sindical, no entanto, pode enfrentar desafios relacionados com a coordenação entre os diferentes atores envolvidos, com especial relevo em situações de conflito e emergência (Notteboom T. e., 2022).

Landlord ports: Este modelo de gestão é um dos mais utilizados a nível global e caracteriza-se pela existência de uma parceria entre o setores público e privado, onde a infraestrutura, em particular os terminais, são arrendados a operadores privados, enquanto a administração portuária mantém o controlo sobre os terrenos da área portuária, seja através da propriedade ou através da retenção dos direitos de exploração exclusiva (concedidos pela entidade pública competente). A forma mais comum de arrendamento é o contrato de concessão, onde uma empresa privada obtém um arrendamento de longo prazo em troca de uma renda, que geralmente é definida em função do tamanho da instalação e do investimento necessário para construir, renovar ou expandir o terminal (Notteboom T. e., 2022). Embora existam diversas variantes, dependendo do nível de descentralização e autonomia da administração portuária, da disposição cultural do país, da divisão dos investimentos em infraestrutura entre a administração portuária e os operadores de terminais privados, ou do nível de envolvimento do *landlord* na promoção e melhoria das atividades portuárias, este é o modelo de gestão portuária dominante, especialmente na Europa e nas Américas (Notteboom T. e., 2022).

Corporatized ports: Estão inseridos nesta modalidade de governação, os portos que foram quase totalmente privatizados, com a exceção de que a propriedade permanece pública e, muitas vezes, é assumida como acionista maioritária. A autoridade portuária comporta-se essencialmente como uma empresa privada. Este é um modelo único de gestão, em virtude de ser o único onde a propriedade e o controlo estão separados, o que permite reduzir as pressões de 'bem público' enfrentadas pelas autoridades portuárias no modelo *landlord* e as pressões de 'valor para o acionista' enfrentadas pelos portos privados (Notteboom T. e., 2022).

Private service ports: O modelo de gestão privada representa a antítese do modelo público, como resultado da privatização completa da instalação portuária, com a premissa de que mantenha a sua função no desenvolvimento da atividade marítima. Neste modelo, a administração portuária é totalmente privatizada, com quase todas as funções portuárias a passarem para o controlo privado, enquanto o setor público assegura a função de regulação e supervisão. Este modelo pode levantar preocupações quanto à falta de controlo público sobre aspetos críticos, como a proteção ambiental e a segurança, além de potenciais riscos de monopolização, embora a entidade pública tenha a possibilidade de ser acionista, possibilitando desta forma a orientação do porto para estratégias consideradas de interesse público (Notteboom T. e., 2022).

3 CONCEITO DE RESILIÊNCIA PORTUÁRIA

O processo de criação de resiliência portuária desenvolve-se por etapas, através de uma forte visão estratégica dos órgãos de gestão, que devem considerar as medidas ao nível da governação que permitam minimizar os riscos conhecidos e analisar o horizonte, com o objetivo de identificar ameaças e oportunidades emergentes. A assunção dos riscos, deverá ser adequada e controlada, potenciando o desenvolvimento de uma cultura de gestão do risco, que permita abordar os vários tipos de problemas de forma transversal e proteger-se de danos à reputação (Falé, 2023).

As perturbações numa operação portuária podem ter múltiplas origens (previsíveis, aleatórias e inesperadas) e serem de contexto interno, ou externo à própria operação.

Podem igualmente destacar-se, dois tipos de potenciais impactos na atividade portuária: o disruptivo, que prejudica as operações e causa atrasos na cadeia logística, sem implicar danos na infraestrutura os equipamentos e o impacto danoso, onde a infraestrutura e os equipamentos são danificados e até destruídos.

Torna-se assim, enquadrar o conceito de resiliência associado à atividade portuária. Neste contexto, a resiliência de um porto é a capacidade para manter operacionais, face à diversidade de perturbações (pandemias, catástrofes naturais e ataques cibernéticos ou terroristas), um nível de serviços aceitável para assegurar a sua atividade operacional (serviços e infraestruturas aos navios, cargas e outros clientes) (Falé, 2023).

Esta capacidade é variável, mediante fatores como a dimensão, a localização e o tipo de operações do porto. A resiliência de um porto, pode ser analisada, segundo a sua capacidade de resposta nos seguintes campos:

Capacidade de absorção: Representa a capacidade de um porto ou infraestrutura portuária em absorver o impacto de determinada perturbação, assegurando um nível

mínimo de serviços. Esta capacidade implica atributos como a robustez, a redundância e a visibilidade. Conceptualmente, um sistema robusto, não é afetado por algumas perturbações em virtude de as conseguir absorver, ou suportar (Falé, 2023).

Capacidade de recuperação: Representa a capacidade de um porto, ou infraestrutura portuária, em recuperar de uma perturbação específica para um padrão de serviços, semelhante ou mesmo superior ao que antecedeu a ocorrência. O elemento principal de capacitação, para um porto responder a um evento perturbador, é a sua preparação e dos recursos que podem ser mobilizados para conter e reduzir a perturbação (estratégia preventiva). O elemento secundário da capacidade de recuperação, envolve a restauração, o que implica a capacidade de o porto regressar a um estado operacional normal, com a sua capacidade associada (estratégia reativa) (Falé, 2023).

Capacidade de adaptação: Representa a capacidade de um porto para reajustar as suas operações e mesmo a sua gestão, quer em antecipação (estratégia preventiva), quer em reação (estratégia reativa) a uma perturbação. O desenvolvimento desta capacidade envolve estratégias de flexibilidade, para que o porto possa ajustar as suas operações de forma a atenuar as perturbações, por exemplo, alterando os horários e fluxos de trabalho (Falé, 2023).

Um porto pode igualmente dispor de um nível de agilidade, que assegure uma capacidade de responder rapidamente a perturbações, incluindo uma bolsa de recursos humanos, com valências diversificadas para a realização de várias tarefas. Através de um planeamento de operações e fluxo, a carga pode ser encaminhada através de diferentes terminais dentro do mesmo porto ou através de diferentes portos. Nos casos em que o porto faz parte de um sistema portuário com ligações robustas (rodoviárias, ferroviárias) ao *hinterland*, a sua capacidade de adaptação é reforçada através de esforços de colaboração. Por último e não menos importante, o porto deve assegurar um canal de comunicação permanente para informar com exatidão as partes interessadas das alterações que está a implementar, de modo a que estas possam ajustar as suas próprias operações (Igor Linkov, 2017).

A mera existência de perigos associados à atividade portuária, não coloca por si só, um porto em risco, neste sentido é fulcral desencadear uma estratégia de avaliação e controlo dos riscos associados às seguintes categorias (UNCTD, 2022):

Riscos operacionais: Descrevem em que medida, ou até que ponto, o perigo afeta a capacidade de um porto ou terminal operar e oferecer serviços a navios, cargas e outros clientes, com impacto indireto nas cadeias de valor globais, que podem estar fortemente dependentes do bom funcionamento do transporte marítimo e dos portos.

Riscos competitivos (concorrência): Descrevem em que medida é que o perigo associado produz impacto na competitividade de um porto ou terminal em relação aos seus clientes (por exemplo, companhias de navegação, proprietários de carga) e as partes interessadas do *hinterland*.

Riscos financeiros: Em que medida é que o perigo associado, produz impacto nas receitas, nos custos de operacionais, taxas de seguros e no *rating*.

Riscos de governação (gestão): Em que medida é que o perigo afeta os processos de gestão e planeamento de um porto ou terminal portuário.

Riscos reputacionais: Em que medida é que o perigo afeta a imagem pública de um porto ou terminal, a sua posição e a perceção dos clientes, causado por um evento adverso ou potencialmente criminoso.

Os riscos previamente identificados são cumulativos (compostos/combinados), o que significa que um único evento poderá não perturbar apenas as operações, mas também (UNCTD, 2022):

- a) Criar riscos para a reputação;
- b) Gerar uma perda de negócios e de receitas em benefício de outros portos ou métodos de transporte;
- c) Desencadear atrasos e congestionamentos na cadeia logística;
- d) Potenciar a escassez de mão de obra;
- e) Causar a falta de áreas de armazenamento.

Os efeitos combinados de um ou mais riscos, podem influenciar a probabilidade e a gravidade de qualquer um dos riscos individuais discriminados (ex: um ciberataque pode afetar os sistemas informáticos relacionados com a gestão operacional, logística e de processamento salarial, agravando o impacto nas operações e na reputação do porto).

Poderá neste contexto concluir-se que as consequências de determinado evento, podem ser maiores do que a soma de cada risco individual apresentado, em virtude da interdependência entre os diversos intervenientes do sistema de transporte marítimo, onde os portos e infraestruturas portuárias, desempenham funções de *hub* central (UNCTD, 2022).

4 IMPACTO DA GOVERNAÇÃO PORTUÁRIA NA RESILIÊNCIA

Os portos desempenham um papel fulcral e estratégico no comércio global, funcionando como nós críticos na cadeia logística internacional. O desenvolvimento do comércio mundial e a necessidade de incremento de eficiência, potenciou o aparecimento de modelos de governação portuária baseados em concessões de direitos, para operar

e fornecer serviços portuários, mantendo o setor público a propriedade do porto e a função de autoridade portuária (Notteboom T. e., 2022). Esta tendência, hoje comum em várias partes do mundo, foi acelerada pela contentorização do movimento de carga e pelo desenvolvimento de terminais de contentores, expandindo-se progressivamente para outros tipos de terminais, como os portos de cruzeiros.

A gestão eficaz de um porto é fundamental para salvaguardar a continuidade operacional, especialmente em resposta a perturbações imprevistas que podem ameaçar a estabilidade das cadeias de abastecimento, pelo que é de elevada importância aferir os impactos do modelo de governação na criação de resiliência portuária.

Numa análise ao conceito de *Public service ports*, a administração portuária é responsável por toda a gama de operações, desde a construção e manutenção de infraestruturas até ao manuseamento de carga, permitindo um alinhamento das operações portuárias com os objetivos de políticas públicas, como a proteção ambiental, a segurança e o desenvolvimento económico regional (Brooks M. R., 2007). Embora a centralização permita uma coordenação mais eficaz em tempos de crise, assegurando que os recursos sejam rapidamente mobilizados e distribuídos conforme necessário, os condicionalismos de índole administrativa e legal, podem dificultar a adaptação rápida às mudanças ou a resposta eficaz a crises imprevistas.

Mediante as capacidades financeiras e dimensão do porto, a gestão pública, pode estar fortemente inclinada no investimento em infraestruturas resilientes (estratégia preventiva), visto que os objetivos não se limitam ao lucro, mas incluem o bem-estar social e a sustentabilidade a longo prazo, o que potencia a resiliência portuária, com especial relevo nos atributos de robustez e redundância que mitigam o risco reputacional. Contrariamente, a falta de incentivos financeiros pode, levar a uma subutilização dos recursos ou a um atraso na implementação de tecnologias inovadoras que aumentem a resiliência portuária (Notteboom T. e., 2022).

Os *Tool ports*, são um modelos híbridos, onde a administração portuária assume a responsabilidade pelas infraestruturas e pela fornecimento de equipamento portuário, enquanto as operações de manuseamento de carga são asseguradas por operadores privados. Este modelo apresenta a vantagem de combinar a supervisão pública com a eficiência operacional do setor privado, o que pode resultar numa maior flexibilidade e numa resposta mais rápida a situações de crise (Notteboom & Winkelmanns, 2001). Não obstante, o potencial para conflitos de interesses entre a administração portuária e os operadores privados, especialmente em situações de crise e a falta de coordenação eficaz entre as partes, pode resultar em respostas descoordenadas a emergências,

comprometendo a capacidade de adaptação e recuperação e desta forma a resiliência geral do porto.

Embora a participação privada no manuseamento de carga, permita que os portos possam beneficiar de inovações tecnológicas e práticas de gestão modernas, que incrementem a resiliência ao possibilitar uma rápida adaptação às exigências do mercado, a orientação dos operadores privados para o lucro, pode contrariamente conduzir a subinvestimento em áreas críticas, como a manutenção de infraestruturas (estratégia preventiva), que são essenciais para a resiliência a longo prazo e desta forma diminuem a capacidade de absorção e de recuperação em situações de crise.

O modelo *Landlord port*, é o mais utilizado mundialmente ao nível da partilha de responsabilidades na gestão portuária. Neste modelo, a administração portuária, retém a propriedade da infraestrutura e concede a operação dos terminais a empresas privadas através de contratos de concessão de longo prazo, beneficiando da combinação do controlo público, com a inovação privada. O facto da infraestrutura permanecer na tutela da administração portuária, permite que objetivos de políticas públicas, como o incremento da resiliência, sejam incorporados nos contratos de concessão (Baird, 2002). Por outro lado, os operadores privados incrementam a eficiência operacional e são frequentemente mais ágeis na adaptação a novas tecnologias e práticas que permite aumentar a capacidade de adaptação e recuperação. Cumulativamente, os investimentos privados possibilitam minimizar a necessidade de investimento financeiro sobre o setor público, permitindo planear as melhorias contínuas na infraestrutura portuária sem depender exclusivamente do orçamento público (Notteboom T. e., 2022).

Em contrapartida, a gestão em ambiente de crise, pode representar enormes desafios em termos de coordenação entre os múltiplos operadores privados, requerendo da parte da administração portuária uma forte capacidade de controlo e coordenação (Brooks M. R., 2007), com especial relevo para os casos de contratos de concessão de longo prazo, que dificultem a agilidade na resposta a mudanças imprevistas.

No caso dos *Corporatized ports*, o modelo de gestão é praticamente privatizado na sua totalidade, mantendo-se o estado como acionista maioritário e proprietário das infraestruturas. Neste modelo, a administração portuária funciona como uma entidade empresarial privada, embora com obrigações públicas. O modelo *Corporatized port*, permite que a gestão seja realizada de forma mais empresarial e direcionada para o mercado, o que potencia a eficiência e a capacidade de inovação, fatores preponderantes para a criação de resiliência portuária (Brooks M. R., 2007). Neste modelo, a presença do Estado, enquanto acionista maioritário, garante que os interesses públicos não sejam

integralmente subjugados aos interesses de lucro privado, permitindo um equilíbrio entre eficiência económica e os objetivos de resiliência a longo prazo (estratégia preventiva). O modelo de estrutura corporativa pode ainda potenciar a captação de investimento privado para a modernização de infraestruturas, o que é fundamental para enfrentar novos desafios nas diferentes categorias do risco e melhorar a resiliência (Notteboom T. e., 2022). Por outro lado, a maximização de objetivos financeiros de retorno sobre o investimento, pode levar a uma priorização de ganhos a curto prazo em detrimento da criação de resiliência. Importa relembrar que os investimentos tidos como necessários realizar nas infraestruturas e superestruturas portuárias, determinados em função da ordenação e priorização dos riscos, devem ser alvo de uma análise custo-eficácia, análise das partes interessadas e análise multicritério, com base em experiências passadas, ou estratégias atualmente implementadas por portos com características semelhantes, conjugadas com outros fatores, como a acessibilidade económica e a viabilidade técnica, de forma a ser possível ponderar os potenciais benefícios de uma opção de resposta ou medida de atenuação em relação aos seus custos previstos (Falé, 2023). Ou seja, as pressões para gerar lucros podem resultar em cortes nos investimentos em manutenção e na infraestrutura, situação que leva a um desalinhamento com as necessidades operacionais e de mercado e compromete a capacidade de resposta em situação de crise (Goss, 1990). Não menos importante e tal como no modelo *Landlord port*, a separação entre propriedade e controlo pode conduzir a falta de clareza nas responsabilidades durante situações de crise, o dificulta a coordenação no desencadear de respostas eficazes.

Os *Private service ports*, representam o extremo oposto dos *Public service ports*, com a privatização completa da infraestrutura e das operações, ficando a cargo do operador privado o controlo integral das funções portuárias, com exceção da atividade reguladora (Autoridade Portuária).

Uma das principais vantagens deste modelo é a eficiência operacional resultante da gestão privada, que pode responder com maior eficácia às mudanças do mercado e a emergências (Brooks M. R., 2008). O permanente alinhamento com os objetivos de lucro, podem incentivar a inovação e a adoção de novas tecnologias que incrementem a resiliência da componente operacional. Adicionalmente, o modelo de privatização e os objetivos financeiros podem conduzir a investimentos significativos na infraestrutura, quando alinhados com os interesses de maximizar o retorno sobre os investimentos (Notteboom T. e., 2022). Em contrapartida, a ausência de controlo público pode potenciar uma diminuição nas prioridades associadas aos interesses públicos, como a sustentabilidade

ambiental e a segurança. Os objetivos de maximização do lucro, podem também conduzir a cortes de custos em áreas críticas para a criação de resiliência portuária, como seja a manutenção de infraestruturas e a preparação para emergências. Uma das fragilidades deste modelo, é que a monopolização das operações portuárias por entidades privadas, pode reduzir a concorrência, o que, a longo prazo, poderá comprometer a eficiência e a resiliência portuária (Baird, 2002).

5 CONCLUSÃO

As reformas portuárias foram implementadas, no seguimento de estratégias políticas de reforma do setor público e como resultado de uma mudança no pensamento macroeconómico, permitindo incrementar a participação do setor privado na prestação de serviços portuários.

Os modelos de governação portuária baseados em concessões de direitos para operar e fornecer serviços portuários, assegurando o setor público a manutenção da propriedade das infraestruturas e a função de administração portuária, passaram a ser, nos dias de hoje, uma prática comum em todo o mundo. Esta tendência foi impulsionada pelo desenvolvimento de terminais de contentores e expandiu-se progressivamente para outros tipos de terminais, como os terminais de cruzeiros, de forma a incrementar a eficácia operacional, eficiência económica e a competitividade do porto. Cada modelo de gestão portuária apresenta um conjunto único de vantagens e desvantagens no que se refere ao modelo de negócio, ao alinhamento com os objetivos de políticas públicas e consequentemente à criação de resiliência portuária.

As tipologias, *Public service ports*, e os *Tool ports*, assentam fundamentalmente na necessidade de acautelar os interesses públicos, enquanto que os *Landlord ports*, tentam conjugar os interesses públicos com o setor privado. No extremo oposto, os *Private service ports* procuram maximizar os interesses dos seus acionistas.

A crise económica global, ocorrida em 2008, forneceu um forte impulso para muitas das reformas portuárias, com especial relevo para a implementação total do modelo *Landlord port*, com o objetivo de transferir a responsabilidade operacional para o setor privado e reduzir custos, frequentemente com objetivos específicos de melhorar a eficiência, aumentar os volumes e melhorar a rentabilidade.

Constata-se que este impulso conduziu a uma diminuição significativa dos *Public service ports*, que apresentavam um forte alinhamento com os objetivos de políticas públicas, mas elevados custos operacionais e ineficiência na adaptação a mudanças de mercado, o que condiciona a capacidade de resiliência.

A implementação dos modelos de *Tool ports* e *Landlord ports* permitiu combinar a eficiência privada com a supervisão pública e que no caso das administrações portuárias com maior capacidade de supervisão, permite incrementar significativamente a resiliência portuária. Não obstante, o impacto destes modelos na criação de resiliência portuária fica sempre dependente da capacidade de supervisão e maturidade das administrações portuárias e dos impactos associados a circunstâncias nacionais, tradições e, frequentemente, com a situação económica do país ou região onde o porto está implantado.

Os *Corporatized ports*, tentam equilibrar interesses públicos e privados, mas podem ser pressionados a priorizar lucros em detrimento do incremento da resiliência.

O modelo *Private service ports*, com menor implementação, procura maximizar a aposta na eficiência e inovação, com o objetivo de melhorar a rentabilidade, embora com tendência de negligenciar os interesses públicos e a resiliência a longo prazo.

Resumindo, o modelo *Landlord ports* apresenta-se como mais equilibrado e adaptável, para portos que operam em mercados competitivos globais e carecem de elevada resiliência, ainda que, em contextos específicos, outros modelos apresentem uma maior adequabilidade. Uma compreensão aprofundada dos modelos de gestão é essencial para a formulação de políticas portuárias eficazes que promovam a eficiência, a inovação e o desenvolvimento sustentável. A escolha do modelo de gestão mais adequado deve, ser cuidadosamente considerada à luz das especificidades de cada porto e do ambiente económico e político em que opera, salvaguardando uma elevada capacidade de supervisão das administrações portuárias de forma a garantir o adequado alinhamento com as políticas marítimas e capacidade de resiliência.

REFERÊNCIAS

Baird, A. J. (2002). "Privatization trends at the world's top-100 container ports." *Maritime Policy & Management*.

Bank, W. (2007). *Port Reform Toolkit*. The World Bank.

Brooks, M. R. (2004). *The Governance Structure of Ports*. *Review of Network Economics*.

Brooks, M. R. (2007). *Devolution, port governance and port performance**. *Research in Transportation Economics*.

Brooks, M. R. (2008). *Assessing port governance models: process and performance components*. *Maritime Policy & Management*.

Cullinane, K. &. (2002). *Port privatization policy and practice*.

Falé, P. (2023). *Criação de Resiliência Portuária Estudo de Caso do Porto do Funchal*.

Gomes, J. (2015). IV Jornadas de Lisboa de Direito Marítimo.

Goss, R. O. (1990). *Economic policies and seaports: Part 3. Are port authorities necessary?* Maritime Policy & Management.

Igor Linkov, J. M. (2017). Resilience and Risk: Methods and Application in Environment, Cyber and Social Domains (NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security).

Notteboom, T. e. (2022). Port Economics, Management and Policy.

Notteboom, T., & Winkelmann, W. (2001). Structural changes in logistics: how will port authorities face the challenge?" Maritime Policy & Management.

UNCTD, U. N. (2022). Building Capacity to Manage Risks and Enhance Resilience. Genebra - Suíça: UNCTAD Division on Technology and Logistics.

CAPÍTULO 2

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS PLANTAS TERMOELÉCTRICAS EN LA CONCENTRACIÓN DE As, Cu, Ni, Pb Y V EN SUELOS DEL PUERTO DE CORONEL- CHILE

Data de submissão: 15/09/2024

Data de aceite: 04/10/2024

Elizabeth González

Departamento de Química Ambiental
Facultad de Ciencias
Universidad Católica de la Santísima
Concepción-Chile
<https://orcid.org/0009-0002-0785-8969>

Pedro Tume

Departamento de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad Católica de la Santísima
Concepción-Chile
<https://orcid.org/0000-0002-8616-0771>

Felipe Neira

Unidad de Innovación
Investigación y Desarrollo
Viña de Neira, Chile
<https://orcid.org/0009-0000-9835-0292>

José Neira

Departamento Análisis Instrumental
Facultad de Farmacia
Universidad de Concepción-Chile
<https://orcid.org/0000-0002-3910-6203>

RESUMEN: En este trabajo se investigaron las concentraciones de metales pesados (como As, Cu, Ni, Pb y V) en suelos superficiales (0-10 cm) y subsuperficiales (10-20 cm) de la comuna de Coronel, Chile. El estudio se centró en analizar la influencia de las termoeléctricas locales en la variabilidad de estos metales, dado que la quema de combustibles fósiles por estas instalaciones puede llevar a la emisión atmosférica de metales que luego son depositados en el suelo por diferentes mecanismos, como partículas en suspensión, lluvia, niebla o viento. El rápido desarrollo comercial e industrial en el Puerto de Coronel, ha generado preocupaciones sobre la contaminación provocada por las termoeléctricas en la zona. El objetivo de este estudio fue determinar y comparar las concentraciones de As, Cu, Ni, Pb y V en suelos de diferentes zonas geográficas cercanas a las termoeléctricas. Para el análisis de metales se realizó la digestión de las muestras con agua regia y se analizaron por Espectrofotometría de Absorción Atómica. Los resultados mostraron un incremento significativo, para la mayoría de los metales estudiados, en las zonas más cercanas a las termoeléctricas.

PALABRAS CLAVES: Metales pesados. Termoeléctrica. Contaminación suelos.

EVALUATION OF THE EFFECT OF THERMOELECTRICS PLANTS ON THE CONCENTRATION OF As, Cu, Ni, Pb AND V IN SOILS OF THE PORT OF CORONEL-CHILE

ABSTRACT: In this work, the concentrations of heavy metals (such as As, Cu, Ni, Pb and V) in superficial (0-10 cm) and subsurface (10-20 cm) soils from the commune of Coronel, Chile were investigated. The study focused on analyzing the influence of local thermoelectric plants on the variability of these metals, given that the burning of fossil fuels by these facilities can lead to the atmospheric emission of metals that are then deposited in the soil by different mechanisms, such as particles in suspension, rain, fog or wind. The rapid commercial and industrial development in the Port of Coronel has raised concerns about pollution caused by thermoelectric plants in the area. The objective of this study was to determine and compare the concentrations of As, Cu, Ni, Pb and V in soils from different geographical areas close to thermoelectric plants. For the analysis of metals, the samples were digested with aqua regia and analyzed by Atomic Absorption Spectrophotometry. The results showed a significant increase, for most of the metals studied, in the areas closest to the thermoelectric ones.

KEYWORDS: Heavy metal. Thermoelectric. Soil contamination.

1 INTRODUCCIÓN

Dentro de los diferentes tipos de contaminación del suelo, la más peligrosa y preocupante es la contaminación por metales pesados. Estos elementos químicos resultan ser altamente tóxicos para el ser humano, y representan un grave riesgo ambiental. Entre los metales pesados más peligrosos estudiados, se encuentran el As, Cu, Ni, Pb y V. La peligrosidad de estos contaminantes se debe principalmente a su uso extensivo, alta toxicidad y amplia capacidad de dispersión. Estos metales pesados tienen la capacidad de trasladarse de una matriz, siendo finalmente depositados tanto en sedimentos como en suelos. Por ello, en términos de toxicidad, los metales pesados resultan particularmente peligrosos cuando se encuentran en su forma catiónica y están enlazados a cadenas cortas de átomos de carbono. La razón de esta peligrosidad radica en la afinidad de estos cationes metálicos por el azufre, lo que les permite formar compuestos con este elemento presente en las enzimas que catalizan las reacciones metabólicas en el cuerpo humano. Esta interacción interfiere con el funcionamiento de las enzimas y por ende, afecta negativamente la salud del organismo (Baird, 2001).

Una de las razones por las que las concentraciones de metales pesados en los suelos presentan variaciones, es debido a la climatología del lugar. La movilización de estos contaminantes se ve favorecida por la alternancia entre períodos de humedecimiento y la desecación del suelo. Este ciclo de cambios provoca la oxidación de compuestos, lo que resulta en la liberación de metales pesados y, al mismo tiempo, en la acidificación del suelo. (Gómez *et al.*, 2013). Adicionalmente, los metales pesados se encuentran de forma

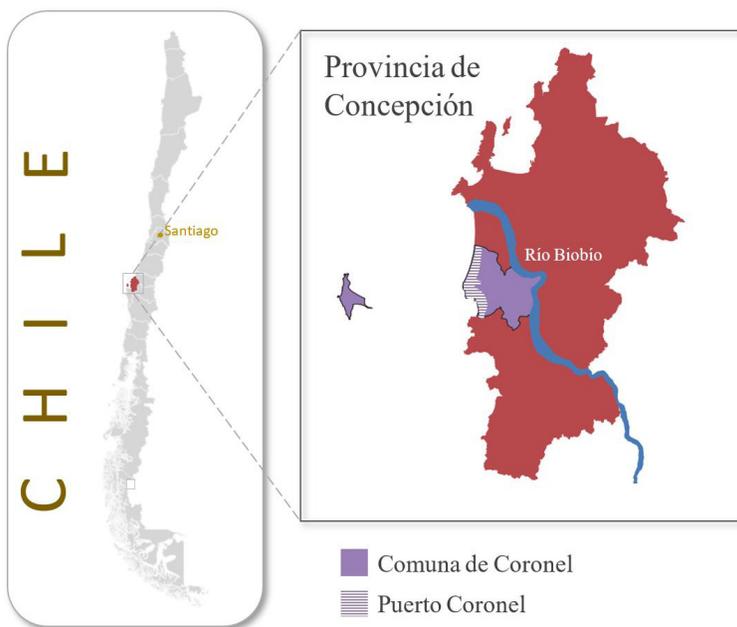
natural en la corteza terrestre presentes en sales, minerales u otros compuestos. Dado que estos metales no desempeñan funciones metabólicas específicas en los seres vivos, no pueden ser degradados ni destruidos fácilmente por procesos naturales o biológicos generando un gran impacto en la cadena trófica (Abollino *et al.*, 2002).

La principal preocupación respecto a los peligros de los metales pesados en el suelo radica en su tendencia a bioacumularse, tanto en los cultivos como en el propio suelo. La bioacumulación se refiere al incremento en la concentración de un producto químico dentro de un organismo vivo a lo largo del tiempo, en comparación con la concentración de dicho producto químico en el ambiente circundante (Angelova *et al.*, 2004).

Coronel experimenta un significativo crecimiento demográfico, colocándola como la cuarta comuna con mayor crecimiento en la Región del Biobío - Chile. Además, Coronel se conoce como la “zona de sacrificio” más al sur del país. En figura 1 se muestra la ubicación del Puerto de Coronel.

Hasta el año 2023, el Puerto de Coronel albergaba dos centrales termoeléctricas de Enel (anteriormente Endesa), central Termoeléctrica Bocaminas 1 y central Termoeléctrica Bocaminas 2. El principal problema asociado a estas instalaciones es la liberación de metales pesados durante el proceso de generación de energía, como As, Cu, Pb, Ni y V entre otros. Estos elementos representan serios riesgos para la salud. Por ejemplo, el Arsénico puede causar problemas gastrointestinales y cardíacos, así como alteraciones neurológicas y renales (Yu, H., et al., 2020).

Figura 1: Localización del Puerto Coronel, Chile.



En el sitio de la Unión de Científicos Comprometidos (UCS) con la ciencia digna, se establece que, en promedio, una planta Termoeléctrica de 500 MW, genera al año, aproximadamente 77 kilos de mercurio, 102 kilos de Arsénico, 51 kilos de plomo, 1,8 kilos de Cadmio, otros metales pesados tóxicos, e incluso, pequeñas cantidades de Uranio, (Medellín, 2002). Este riesgo, derivado de contaminación por metales pesados, está directamente relacionado con la concentración, especiación, y biodisponibilidad de cada metal, características que determinan su reactividad, la movilidad, y la capacidad de ser absorbido por las plantas y los animales que habitan en el medio (McBride, 1994). Demográficamente, hasta el año 2017, la Comuna de Coronel contaba con aproximadamente 113.074 habitantes, de los cuales el 97,3% vivía en la zona Urbana. Sin embargo, la densidad media de la población no proporciona una medida completa, ya que la distribución de los habitantes es muy desigual, siendo el Centro Urbano de Coronel de la Costa, la zona con la mayor concentración de la población. En los años posteriores al 2017, se ha observado un aumento de la población en esta zona, destacando la importancia de la ubicación industrial en este contexto.

La industria del Carbón, fue la que le proporcionó a la Comuna de Coronel, el impulso y sustento económico que le dio vida, así como también, fue responsable de marcar socioculturalmente a los habitantes del lugar. Una de sus primeras huellas se produjo cuando la industria carbonífera sufrió una caída significativa durante, aproximadamente, tres décadas, lo que generó un alto porcentaje de desempleo en la zona.

Durante el año 2005, la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) emitió un Informe de Gestión de la Calidad del Aire, en donde declara que la termoeléctrica Bocamina es la principal fuente emisora de material particulado (MP10), la cual aporta cerca de 11.000 toneladas al año de este contaminante. Debido a los contaminantes emanados por las termoeléctricas ubicadas en la zona de Coronel, los cuales son emitidos tanto en aire, como en suelo y en agua, es que se han realizado análisis de esta tres matrices en distintas áreas, teniendo en cuenta que durante los últimos, se ha mantenido un importante interés en la concentración de metales en los suelos. Además de los contaminantes emitidos por las industrias, existen factores geográficos que favorecen la dinámica de los contaminantes, así como también favorecen la distribución de éstos en los alrededores de la zona.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 ZONA DE ESTUDIO

La zona de muestreo corresponde a sectores cercanos a las termoeléctricas Bocamina y Santa María de la Comuna de Coronel, donde se recolectaron muestras de suelos urbanos en 15 puntos de muestreo (ver figura 2).

Figura 2: Localización de las estaciones de muestreo de suelos superficiales y subsuperficiales del Puerto de Coronel-Chile.



En cada punto se recolectaron muestras superficiales (0 a 10 cm) y subsuperficiales (10 a 20 cm).

2.2 PRETRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS

Las muestras de suelo recolectadas fueron secadas en estufa a 40°C por 24 horas, luego tamizadas con una malla de 2 mm, y almacenadas en bolsas de polietileno herméticas, para el posterior análisis.

Posteriormente las muestras secas de suelo (0,5 g) fueron digeridas con agua regia HCl/HNO₃; (3:1), ambos ácidos de calidad Suprapur. Luego la muestra se filtró y diluyó con agua MilliQ, y aforó a un volumen de 25 mL.

2.3 DETERMINACIÓN DE LOS METALES EN LAS MUESTRAS DE SUELOS

La determinación de los metales As, Cu, Ni, Pb y V, se realizó por Espectrofotometría de Absorción Atómica a la llama, en un equipo GBC 902. Las que fueron leídas a las longitudes de onda 193,7 nm, 324,7 nm, 232,0 nm, 283,3 nm, 318,4 nm, para As, Cd, Ni, Pb y V respectivamente. La llama usada fue mezcla Aire-Acetileno y Óxido Nitroso-Acetileno. La cuantificación de los metales estudiados se realizó por curva de calibración a partir de estándares de concentración 1.000 ppm, procedencia Merck.

Para la validación de la metodología se utilizó el material de referencia certificado Sandy 2, Clay 2 y Sand 1.

El Arsénico se analizó mediante formación de hidrocarburos con Borohidruro de Sodio, mientras que el Vanadio se determinó usando una solución con Yoduro de Potasio. Ambos metales fueron detectados con llama de Óxido Nitroso-Acetileno.

2.4 NIVELES DE CONTAMINACIÓN EN LAS MUESTRAS DE SUELO

Con el objeto de evaluar el impacto que presentan las muestras de suelos superficiales y subsuperficiales del puerto Coronel por la concentración de metales estudiados, se determinó los índices de geoacumulación (Igeo). La cuantificación del índice de geoacumulación definido por Müller (Müller, G., 1969) como:

$$I_{geo} = \log_2 (C_n / 1,5 B_n)$$

donde: C_n = concentración del metal en este estudio, B_n = valor geoquímico de *background* correspondiente a los valores de la roca madre de la zona.

3 RESULTADOS

Los resultados muestran que las concentraciones medias de Ni y Pb subsuperficiales son menores a las obtenidas superficialmente, prácticamente en todos los casos. En todas las zonas de estudio, la media de las concentraciones de Pb, As y Cu fue superior a la del valor *background*, mientras que la concentración media de V superficial fue menor a la de su valor *background* (ver tabla 1).

Las concentraciones medias de Ni subsuperficiales se encuentra bajo el valor *background*, en todas las zonas de muestreo. El Ni a profundidad superficial supera el valor *background* en las zonas de muestreo 1, 2 y 4, que corresponden a las más cercanas a las termoeléctricas (ver tabla 1). El contenido medio de V fue únicamente superior al valor *background* en la profundidad subsuperficial de la zona 3 de estudio (ver tabla 1).

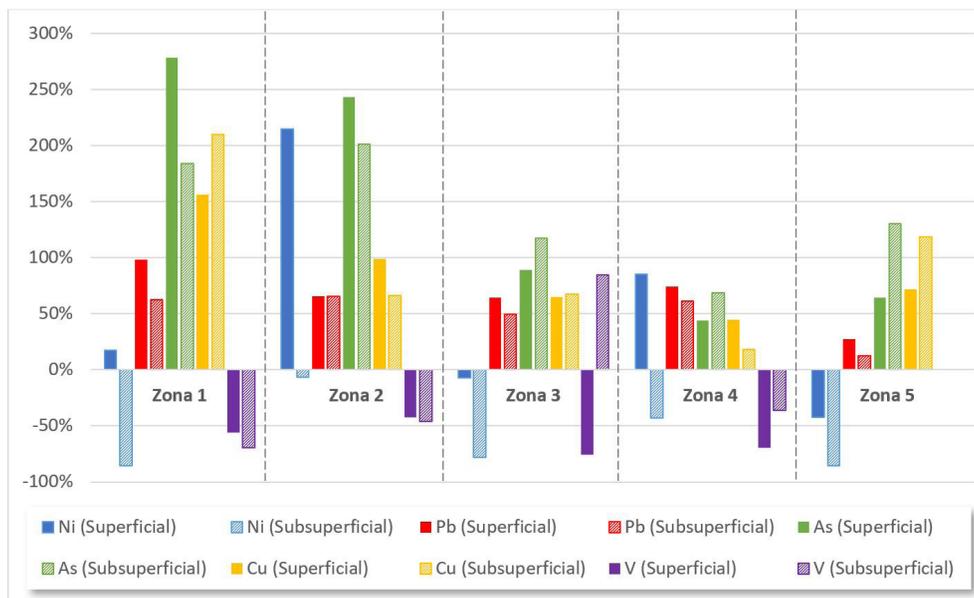
En las zonas de estudio 1, 2, 3 y 4 las concentraciones medias de Pb y As tanto en profundidad superficial como subsuperficial fueron superior en un 44% del valor *background* (ver figura 3). En la zona de muestro 1 las concentraciones medias de As y Cu superaron en más de un 150% el valor *background*, tanto en profundidad superficial como subsuperficial, manteniendo esta tendencia el As para la zona de muestreo 2 (ver figura 3).

La mayor diferencia de contenido medio entre distintas profundidades para un mismo metal en una misma zona de estudio fue el Ni en la zona 2, pasando de una concentración media de 115,8 mg/Kg en suelo superficial a 34,3 mg/Kg en profundidad subsuperficial, considerando el valor *background* de 36,8 mg/Kg. Otras diferencias considerables son las de, Ni en zona 1 de 43,2 mg/Kg en suelo superficial a 5,3 mg/Kg en profundidad subsuperficial, y V en zona 3 de 32,6 mg/Kg en suelo superficial a 249,3 mg/Kg en profundidad subsuperficial (ver figura 3).

Tabla 1: Concentraciones medias de metales en zonas de estudio para suelos superficial y subsuperficial.

	Zona	Concentraciones Media (mg/Kg)				
		Ni	Pb	As	Cu	V
Profundidad Superficial	1	43,2	142,2	1,2	31,5	59,5
	2	115,8	118,7	1,1	24,5	77,6
	3	34,0	117,9	0,6	20,3	32,6
	4	68,1	125,0	0,4	17,8	41,3
	5	21,1	91,2	0,5	21,1	-
Profundidad Subsuperficial	1	5,3	116,6	0,9	38,1	41,1
	2	34,3	118,7	0,9	20,4	73,1
	3	8,1	107,3	0,7	20,6	249,3
	4	20,9	115,8	0,5	14,5	86,0
	5	5,3	80,8	0,7	26,9	-
Valor Background		36,8	71,7	0,3	12,3	134,8

Figura 3: Variación porcentual de las concentraciones medias de As, Cu, Ni, Pb y V en muestras de suelos superficiales y subsuperficiales del puerto de Coronel – Chile, respecto al valor background.



3.1 ÍNDICE DE GEOACUMULACIÓN

Con el propósito de establecer el grado de contaminación de las muestras de suelo superficial y subsuperficial, se determinaron los Índices de Geoacumulación (Igeo), para cada metal estudiado. Este índice toma valores entre 0 (no contaminado) a 6 (extremadamente contaminado). (Müller, G., 1969). Se aplicó el índice de geoacumulación como una forma ampliamente utilizada de evaluación del grado de contaminación por metales pesados en ambientes impactados (Silva, L., 2002).

A continuación, se presentan las tablas con los valores de Igeo y su clasificación en cuanto a grado de contaminación, para las muestras superficiales y subsuperficiales respecto a los metales estudiados.

Tabla 2: Valores de Igeo para Ni, Pb, Cu, V y As de las muestras superficiales de los suelos del puerto Coronel.

Muestra		Igeo Ni	Igeo Pb	Igeo Cu	Igeo V	Igeo As
Zona 1	1	0,826	3,356	3,766	5,941	0,741
	2	0,534	3,322	4,286	0,989	0,806
	3	0,668	3,252	2,438		0,145
	Promedio	0,676	3,310	3,497	3,465	0,564

Zona 2	1	1,257	3,046	3,842		-0,304
	2	2,363	3,326	3,718		1,128
	3	2,420	3,371	1,289	1,525	0,145
	Promedio	2,013	3,248	2,950	1,525	0,323
Zona 3	1	0,135	3,014	3,012	0,085	0,161
	2	0,510	3,002	2,834	0,601	-0,790
	3	0,340	3,103	3,265	0,070	-0,822
	Promedio	0,328	3,040	3,037	0,252	-0,484
Zona 4	1	1,251	3,191	3,019		-1,581
	2	1,046	3,081	2,552		-1,758
	3	1,650	3,099	2,952	0,615	0,128
	Promedio	1,315	3,124	2,841	0,615	-1,071
Zona 5	1	-0,381	2,623	2,800		-0,474
	2	-0,671	2,713	3,196		-0,667
	3	-0,066	2,670	3,277		-0,697
	Promedio	-0,373	2,669	3,091		-0,613

Basados en la clasificación de los índices de geoacumulación las muestras de suelo superficiales del Puerto de Coronel en estudio se consideran como: “No contaminado a moderadamente contaminado”, para Ni y As; “fuertemente contaminado” para Pb y Cu y de “no contaminado a fuertemente contaminado” para V (ver tabla 2).

Para las muestras de suelo subsuperficiales del Puerto de Coronel en estudio se consideran como: “fuertemente contaminadas” para Pb y Cu, de “no contaminado a moderadamente contaminado” para Ni y As y de “no contaminado a fuertemente contaminado” para V (ver tabla 3).

Tabla 3: Valores de Igeo para Ni, Pb, Cu, V y As de las muestras subsuperficiales de los suelos del puerto Coronel.

	Muestra	Igeo Ni	Igeo Pb	Igeo Cu	Igeo V	Igeo As
Zona 1	1	-2,815	3,002	3,766	0,598	0,419
	2	-1,723	2,996	4,691	0,615	-0,015
	3	-2,783	3,075	2,842		0,093
	Promedio	-2,440	3,024	3,766	0,606	0,166
Zona 2	1	-0,355	2,997	3,144	1,501	-0,474
	2	0,678	3,115	3,313	0,615	0,827
	3	0,525	3,037	2,630	1,914	0,145
	Promedio	0,283	3,050	3,029	1,343	0,166

Zona 3	1	-0,704	2,826	3,443	0,964	0,161
	2	-2,782	2,885	2,792	4,202	-0,282
	3	-2,801	2,996	2,874	2,885	-0,609
	Promedio	-2,096	2,902	3,036	2,684	-0,243
Zona 4	1	-0,365	3,028	3,048	1,495	-0,449
	2	-0,707	2,975	2,265	0,090	-1,072
	3	-0,087	3,038	2,215	2,506	-0,304
	Promedio	-0,386	3,014	2,509	1,364	-0,608
Zona 5	1	-2,824	2,428	3,405		-0,527
	2	-1,718	2,486	3,677		0,684
	3	-2,773	2,567	3,247		-1,152
	Promedio	-2,439	2,493	3,443		-0,332

Determinar la materia orgánica en el suelo es crucial para el estudio de metales pesados porque influye en la disponibilidad y movilidad de estos. La materia orgánica puede formar complejos con metales, afectando su solubilidad y disponibilidad para las plantas. Además, actúa como un reservorio de metales, modula su toxicidad y puede influir en la movilidad y la capacidad de los metales para entrar en la cadena alimentaria (Chen, Z., 2018). En tabla 4 se presenta los valores medios y rangos de materia orgánica por zona.

A través de la prueba del análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis no se ha encontrado que existe diferencias entre el porcentaje de materia orgánica entre las zonas geográficas (valor-p=0.091), destacando que, en todas las zonas estudiadas, el valor medio de la MO no supera 1,31% (ver tabla 4).

Otro parámetro importante de determinar es el pH porque afecta la solubilidad y la disponibilidad. Un pH bajo puede aumentar la solubilidad de metales tóxicos, mientras que un pH alto puede precipitar ciertos metales, reduciendo su disponibilidad. Además, el pH influye en la interacción de los metales con la materia orgánica y los minerales del suelo, afectando su movilidad y toxicidad (McBride, 1994). Los valores de pH de las muestras van desde suelos ácidos a neutros (ver tabla 4).

Tabla 4: Valores de la media y rangos de los parámetros físico-químicos de las muestras de suelo.

	Zona	pH		Materia Orgánica (MO)	
		Media	Rango	Media	Rango
Profundidad Superficial	1	5,46	5,26 - 5,60	1,24	0,58 - 2,09
	2	5,21	4,60 - 5,52	0,56	0,41 - 0,75
	3	6,56	6,11 - 6,86	0,43	0,09 - 0,76
	4	6,15	5,91 - 6,50	0,71	0,24 - 0,99
	5	5,97	5,72 - 6,10	0,69	0,39 - 0,99
Profundidad Subsuperficial	1	6,16	5,91 - 6,39	1,31	0,35 - 1,89
	2	5,68	4,74 - 6,39	0,48	0,11 - 0,69
	3	6,52	6,05 - 7,42	0,27	0,11 - 0,38
	4	6,28	6,01 - 6,64	0,39	0,21 - 0,63
	5	6,08	5,92 - 6,17	0,69	0,38 - 0,90

4 CONCLUSIÓN

La mayoría de los metales analizados mostraron concentraciones más altas en las zonas de muestreo 1 y 2, cercanas a las plantas termoeléctricas.

En todas las zonas de estudio, la media de las concentraciones de Pb, As y Cu fue superior a la del valor *background*, mientras que la concentración media de V superficial fue menor a la de su valor *background*.

Las concentraciones medias de Ni subsuperficiales se encuentra bajo el valor *background*, en todas las zonas de muestreo.

Las muestras de suelo superficiales del Puerto de Coronel se consideran como: No contaminado a moderadamente contaminado, para Ni y As; fuertemente contaminado para Pb y Cu y de no contaminado a fuertemente contaminado para V. Mientras que las muestras de suelo subsuperficiales se consideran como: fuertemente contaminadas para Pb y Cu, de no contaminado a moderadamente contaminado para Ni y As y de no contaminado a fuertemente contaminado para V.

5 AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ciencias de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, por el apoyo brindado. Y al proyecto FONDECYT N°1130366.

REFERENCIAS

Abollino, O., Aceto, M., Malandrino, M., Mentaste, E., Sarzanini, C. and Barberis, R., 2002. *Distribution and Mobility of Metals in Contaminated Sites*. Chemometric Investigation of Pollutant Profiles. Environmental Pollution.

Angelova V., Ivanova, R., Delibaltova, V. and Ivanov, K., 2004. *Bio-accumulation and distribution of heavy metals in fibre crops (flax, cotton and hemp)*. Industrial Crops and Products.

Baird C. 2001. *Química Ambiental*. Segunda Edición. Editorial REVERTÉ, S.A. Barcelona, España.

Chen, Z., & Liao, X., 2018. *Effects of Soil Organic Matter on the Availability and Mobility of Heavy Metals in Soils: A Review*. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(1), 123-137.

Gómez D., Gómez M.T., 2013. *Evaluación de Impacto Ambiental*. Ediciones Nobel, S.A. España.

McBride, M.B., 1994 *Environmental chemistry of soils*. Oxford University Press, Inc., New York.

Medellín P., 2002. *Impacto Ambiental de una Termoeléctrica*. Universidad Autónoma de San Luis de Potosí, México.

Müller, G.; 1969. *Geol. J.*, 2, 109.

Silva, L., W.; Matos, R.; Kristosch, G.; 2002. *Quim. Nova*, 25, 753.

Yu, H., Liu, Y., & Yan, Y., 2020. Health effects of arsenic exposure: A review of epidemiological and experimental studies. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(12), 14442-14458. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08479-0>

CAPÍTULO 3

SIMILARIDADE DE UMA ASSEMBLEIA DE PEIXES TELEÓSTEOS EM UM MANGUEZAL, ILHA DE SÃO LUÍS, MARANHÃO, BRASIL

Data de submissão: 30/09/2024

Data de aceite: 17/10/2024

Maria do Socorro Saraiva Pinheiro

UFMA, Av. dos Portugueses s/n
Bacanga, CEP 65.085-580
São Luís, Maranhão, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-4931-9023>

Nivea Fernanda Maria Ferreira Costa

UFMA, Av. dos Portugueses s/n
Bacanga, CEP 65.085-580
São Luís, Maranhão, Brasil
<https://orcid.org/0000-0001-7777-8249>

João Filipe Soares da Silva

UFMA, Av. dos Portugueses s/n
Bacanga, CEP 65.085-580
São Luís, Maranhão, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-4017-2440>

Denilson da Silva Bezerra

UFMA, Av. dos Portugueses s/n
Bacanga, CEP 65.085-580
São Luís, Maranhão, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-9567-7828>

RESUMO: Os manguezais são considerados no Brasil como áreas de preservação permanente. Diversos autores destacam que os manguezais são geralmente denominados

“berçários da natureza”. Objetivo deste estudo foi identificar a similaridade da ictiofauna presente em um manguezal com a finalidade de verificar e possíveis relações entre as espécies, e entre as espécies e o ambiente, então, foram utilizadas técnicas de análise multivariadas, de agrupamentos (“cluster”), usando dados binários de presença e ausência de espécies. O apetrecho de pesca utilizado foi a rede de tapagem denominada como rede de igarapé. Foram coletados 10.824 indivíduos, compreendendo 63 espécies distribuídas em 27 famílias, durante 16 meses. Tanto para a associação entre as espécies, como para as espécies e o ambiente, o método utilizado foi pela variância mínima, método de Ward utilizado como critério de agrupamento. A distância euclidiana quadrada foi usada como coeficiente de associação. Em relação às amostras, com 16 colunas e 63 linhas e, em relação às espécies com 63 colunas e 16 linhas. Os resultados revelaram que através da utilização de análise estatística multivariada foi possível observar dois grupos, o primeiro na ausência de chuvas e o segundo na presença de chuva; quando comparadas as espécies a análise permitiu identificar dois grupos, o primeiro incluiu todas as espécies constantes e o segundo as não constantes no sistema. Entretanto não houve relação entre a presença de espécies e a sazonalidade. E o fato de determinadas espécies só ocorrerem na estação seca ou chuvosa está relacionado à sua dinâmica de reprodução, como também

no papel diferenciado que este ambiente oferece, como refúgio, sítio de alimentação; tanto sazonalmente como circadianamente devido aos ciclos das marés.

PALAVRAS CHAVES: Sazonalidade. Análise Multivariadas. Associações de Peixes.

SIMILARITY OF A TELEOST FISH ASSEMBLAGE IN A MANGROVE SWAMP, SÃO LUÍS ISLAND, MARANHÃO, BRAZIL

ABSTRACT: Mangroves are considered permanent preservation areas in Brazil. Several authors point out that mangroves are generally called “nature’s nurseries”. The objective of this study was to identify the similarity of the ichthyofauna present in a mangrove in order to verify possible relationships between species, and between species and the environment. Therefore, multivariate analysis techniques were used, using binary data on the presence and absence of species. The fishing gear used was a net called a stream net. A total of 10,824 individuals were collected, comprising 63 species distributed in 27 families, over a period of 16 months. Both for the association between species, and for species and environment, the method used was minimum variance, Ward’s method used as a grouping criterion. The squared Euclidean distance was used as the association coefficient. In relation to the samples, with 16 columns and 63 rows and, in relation to the species with 63 columns and 16 rows. The results revealed that through the use of multivariate statistical analysis it was possible to observe two groups, the first in the absence of rain and the second in the presence of rain; when comparing the species, the analysis allowed the identification of two groups, the first included all constant species and the second those not constant in the system. However, there was no relationship between the presence of species and seasonality. And the fact that certain species only occur in the dry or rainy season is related to their reproductive dynamics, as well as the differentiated role that this environment offers, as a refuge and feeding site; both seasonally and circadianly due to tidal cycles.

KEYWORDS: Seasonality. Multivariate Analysis. Fish Associations.

1 INTRODUÇÃO

O manguezal é um sistema costeiro tropical complexo (SCHAEFFER-NOVELLI & CINTRON, 1986), dominado por espécies vegetais típicas, onde se associam componentes da fauna e da flora adaptados a um ambiente periodicamente inundado pelas marés, com grande variação de salinidade (WATANABE, 1987).

Segundo LACERDA (1984), os manguezais fornecem refúgio natural para indivíduos jovens contra predadores, devido à proteção fornecida pelas suas árvores. A maior parte dos peixes e crustáceos capturados nas áreas litorâneas tropicais desfruta desta proteção, durante a fase jovem e na época de postura, e assim e assim dependem intimamente da integridade do ecossistema. O autor ressalta que a importância do manguezal não é só como berçário, mas também como exportador de matéria orgânica e gerador de recursos naturais primários para populações locais.

Há poucas espécies de animais exclusivas de mangues (LUEDERWALDT, 1919). Sua fauna é tipicamente oportunista e de ampla distribuição. Os organismos vágéis têm seus ritmos relacionados com a variação das marés (SCHAEFFTER-NOVELLI & CÍTRON, 1986). Segundo Lacerda (1999), grande parte da ictiofauna encontrada no mangue ocorre também em outros sistemas costeiros, como lagunas e estuários; são espécies marinhas que passam parte do seu ciclo de vida nos manguezais.

Muitas das cadeias alimentares nos estuários rasos não são baseadas no fitoplâncton, mas em detritos de plantas de mangues, algas bentônicas e epífitas (ODUM & HEALD, 1972). Em geral nos estuários são altos os rendimentos de peixes, em consequência da disponibilidade de nutrientes (HOUDE & RUTHERFORD, 1993). A ictiofauna penetra no estuário, principalmente como juvenis, permanecendo até um determinado período do desenvolvimento (YANEZ-ARANCIBA *et al.*, 1980; DAY *et al.*, 1981; CHAO *et al.*, 1982; 1985; MARTINS-JURAS, 1989; ALCÂNTARA, 1989). Na verdade, os estuários são rotas migratórias para espécies catádromas e anádromas (CLARIDGE *et al.*, 1986).

A ilha de São Luís está inserida no Golfão Maranhense, formado pelas baías de São Marcos e São José. A região apresenta amplitudes de maré de cerca de sete metros, o que ocasiona extensa invasão do continente pelas águas marinhas, com aparecimento de longas faixas de sedimentos lamosos, colonizados então por denso cinturão de mangues (MARTINS-JURAS *et al.*, 1987). A temperatura superficial da água varia muito pouco, sendo a salinidade o único parâmetro hidrográfico com variação sazonal significativa (STRIDE *et al.*, 1992), diretamente relacionada com a precipitação pluvial e o aporte de água fluvial.

O presente estudo tem como principal objetivo identificar a similaridade da ictiofauna presente em um manguezal com a finalidade de verificar e possíveis relações entre as espécies, e entre as espécies e o ambiente.

2 MATERIAL E MÉTODOS

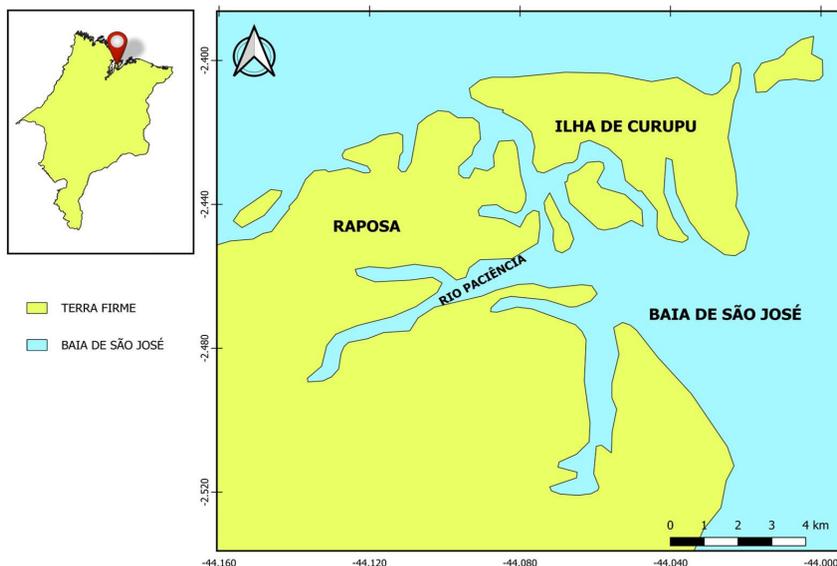
2.1 ÁREA DE ESTUDO

No Golfão Maranhense, existe um arquipélago de ilhas, formado pela ilha de São Luís (onde se localiza os municípios de São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa), Tauá-Mirim, Tauá-Redondo, Guarapirá, do Medo, Duas Irmãs, das Pombinhas e Curupu.

A área de estudo localiza-se na parte nordeste da ilha de São Luís, município da Raposa (02° 25' 22"S e 44° 05' 21"W) compreendendo um conjunto de canais de marés,

inundados durante a preamar. É caracterizada por relevo baixo e uma flora dominante de mangue. O principal aporte de águas fluviais provém da bacia do Rio Paciência, na zona leste da ilha de São Luís (Figura 1).

Figura 1. Mapa do Estado do Maranhão em destaque o município da Raposa.



2.2 AMOSTRAGEM

A amostragem da ictiofauna para a realização deste estudo compreendeu coletas mensais realizadas entre agosto de 1999 e novembro de 2000. O apetrecho de pesca utilizado foi rede de igarapé, também denominada “rede de tapagem”. São aparelhos fixos, dispostos na entrada do igarapé, sustentados por varas de mangue, fixados durante a baixa-mar; a despesca é realizada na baixa-mar seguinte, totalizando um esforço de 12 horas.

Os peixes capturados para este estudo foram acondicionados no campo em sacos plásticos etiquetados, colocados em caixas de isopor com gelo e transportados ao laboratório, onde foi efetuada a identificação com base em Figueiredo e Menezes (1980), Menezes e Figueiredo (1980), Menezes e Figueiredo (1985), Figueiredo e Menezes (2000) e Fischer (1978).

2.3 SIMILARIDADE DA ICTIOFAUNA

Com a finalidade de verificar a semelhança entre as amostras e possíveis relações entre as espécies, e entre as espécies e o ambiente, foram utilizadas técnicas

de análise multivariadas, de agrupamento (“cluster”), usando dados binários de presença e ausência de espécies. Tanto para a associação entre as espécies, como para as espécies e o ambiente, o método utilizado foi pela variância mínima, método de Ward utilizado como critério de agrupamento (ROMESBURG, 1984). A distância euclidiana quadrada foi usada como coeficiente de associação. As técnicas usadas de classificação numérica foram do tipo análise de agrupamento, com base em duas matrizes de presença e ausência, em relação às amostras, com 16 colunas e 63 linhas e, em relação às espécies com 63 colunas e 16 linhas.

3 RESULTADOS

3.1 DADOS AMBIENTAIS

Durante o período de coleta, de acordo com os dados obtidos no Banco de dados do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE, 2009), a pluviosidade média mensal variou de 0 a 538,3 mm (novembro de 2000 e março de 2000, respectivamente). Neste estudo durante o período de coleta, a estação seca ocorreu entre agosto e novembro de 1999 e entre agosto e novembro de 2000, quando a pluviosidade média mensal variou de zero a 58,5 mm e, a estação chuvosa entre dezembro de 1999 e julho de 2000, quando a pluviosidade média mensal variou de 151,0 a 538,3 mm. Nos dias em que ocorreram as coletas, a diferença entre a preamar e baixa mar variou entre 2,4 m em março de 2000 (menor), e 6,9 m em novembro de 1999 (maior), conforme dados da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN 1998; 1999).

3.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA COMPOSIÇÃO DA ASSOCIAÇÃO DE PEIXES

Foram coletados 10.824 indivíduos, compreendendo 63 espécies distribuídas em 27 famílias, seguindo a ordenação proposta por Nelson (1994).

A Tabela 1 mostra o número de indivíduos por espécie capturados no mangue da Raposa. *Oligoplites saurus*, *Micropogonias furnieri*, *Genyatremus luteus*, *Mugil curema* e *Colomesus psittacus* ocorreram praticamente em todo o período de coleta.

Tabela 1. Frequência absoluta em números das espécies coletadas no mangue da Raposa.

Espécie	N	Espécie	N
<i>Odontognathus</i> sp.	4	<i>D. rhombeus</i>	44
<i>Anchoa</i> sp.	48	<i>E. argenteus</i>	517
<i>C. edentulus</i>	387	<i>Eugerres</i> sp.	16
<i>P. atherinoides</i>	3	<i>C. nobilis</i>	6
<i>E. saurus</i>	7	<i>G. luteus</i>	322
<i>G. funebris</i>	12	<i>O. ruber</i>	1
<i>O. parilis</i>	1	<i>P. corvinaeformis</i>	60
<i>S. herzbergii</i>	316	<i>C. acoupa</i>	206
<i>Arius</i> sp.	651	<i>C. leiarchus</i>	115
<i>Cathorops spixii</i>	680	<i>Cynoscion</i> sp.	12
<i>Cathorops</i> sp.	211	<i>I. parvipinnis</i>	5
<i>P. nodosus</i>	203	<i>M. ancylodon</i>	15
<i>B. surinamensis</i>	39	<i>M. furnieri</i>	559
<i>T. nattereri</i>	1	<i>B. ronchus</i>	14
<i>S. marina</i>	11	<i>S. naso</i>	277
<i>A. brasiliensis</i>	12	<i>Stellifer</i> sp.	83
<i>A. anableps</i>	67	<i>N. microps</i>	1
<i>C. parallelus</i>	35	<i>C. faber</i>	10
<i>C. undecimalis</i>	20	<i>M. curema</i>	2442
<i>E. itajara</i>	4	<i>M. gaimardianus</i>	1009
<i>R. randalli</i>	77	<i>M. incilis</i>	306
<i>C. latus</i>	6	<i>P. oligodon</i>	4
<i>C. sp.</i>	1	<i>T. lepturus</i>	98
<i>O. palometa</i>	45	<i>Paralichthys</i> sp.	6
<i>O. saurus</i>	612	<i>Citharichthys</i> sp.	2
<i>S. vomer</i>	13	<i>Achirus</i> sp.	21
<i>T. carolinus</i>	2	<i>Trinectes</i> sp.	155
<i>L. buccanella</i>	3	<i>S. diomedeanus</i>	4
<i>L. jocu</i>	7	<i>C. psittacus</i>	374
<i>L. synagris</i>	35	<i>Lagocephalus</i> sp.	1
<i>L. surinamensis</i>	2	<i>S. testudineus</i>	278
<i>D. auratus</i>	350		

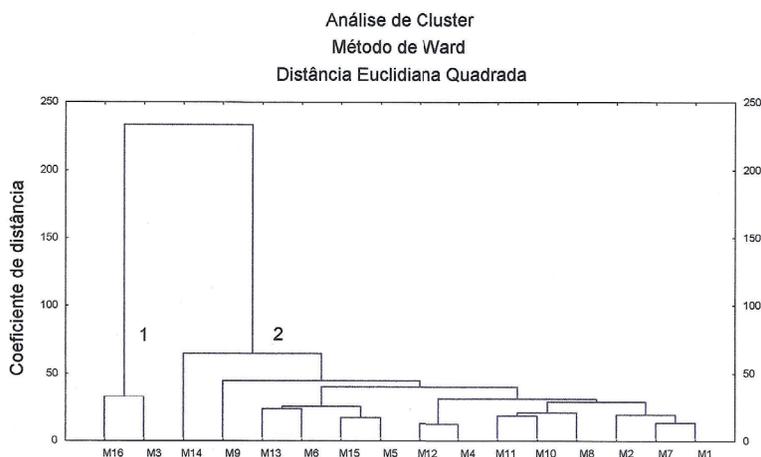
3.3 SIMILARIDADE DA ICTIOFAUNA

3.3.1 Espécies

A análise de agrupamento dos dados pluviométricos, com base na matriz de presença e ausência, durante o período de coleta, permite identificar dois grupos distintos no nível de corte de 60% de dissimilaridade (Figura 2). O primeiro grupo correspondeu a duas amostras nos meses em que a pluviosidade média foi zero, o que engloba 12,5%

das amostras; o segundo grupo corresponde a quatorze amostras restantes, nas quais ocorreu presença de chuva, englobando 87,5% das amostras. Pode-se então supor que o padrão de associação da ictiofauna subequatorial do Mangue da Raposa obedeça a um gradiente em relação à coluna d'água e não necessariamente sazonal, considerando que no segundo grupo e os subgrupos formados não estabeleceram nenhum padrão ao qual possa se atribuir a sazonalidade.

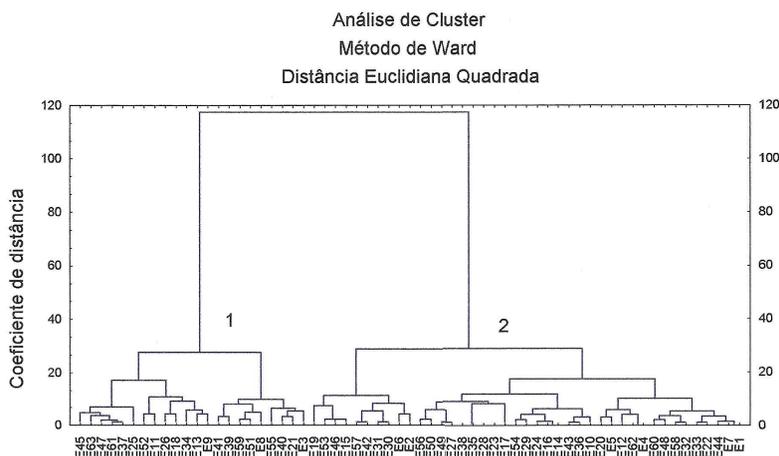
Figura 2. Dendrograma de agrupamento sobre a matriz de presença e ausência nos meses de coleta no manguezal da Raposa (M1 agosto/99, M2 setembro/99, M3 outubro/99, M4 novembro/99, M5 dezembro/99, M6 janeiro/00, M7 fevereiro/00, M8 março/00, M9 abril/00, M10 maio/00, M11 junho/00, M12 julho/00, M13 agosto/00, M14 setembro/00, M15 outubro/00, M16 novembro/00).



3.3.2. Análise entre espécies

A análise de agrupamento entre espécies, considerando todas as espécies obtidas com base na matriz de presença e ausência, durante o período de coleta, permite identificar dois grupos distintos no nível de corte de trinta por cento de dissimilaridade (Figura 3). O primeiro grupo reuniu 22 espécies, das quais compreendiam 19 espécies foram constantes no sistema; enquanto o segundo compreendeu 41 espécies que não tiveram constância no sistema. Este dendrograma (Figura 3) não nos permite inferir que as espécies foram agrupadas em função da sazonalidade, estação seca ou chuvosa. As espécies *Rypticus randalli* e *Trichiurus lepturus* que só ocorreram na estação seca encontram-se no agrupamento 1. *Lutjanus synagris*, que só ocorreu na estação chuvosa, encontra-se no agrupamento 2.

Figura 3. Dendrograma de agrupamento sobre a matriz de presença e ausência das espécies de peixes presentes no manguezal da Raposa. E1 *Odontognathus* sp.; E2 *Anchoa* sp.; E3 *C. edentulus*; E4 *P. atherinoides*; E5 *E. saurus*; E6 *G. funebris*; E7 *O. parilis*; E8 *S. herzbergii*; E9 *Arius* sp.; E10 *C. spixii*; E11 *Cathorops* sp.; E12 *P. nodosus*; E13 *B. surinamensis*; E14 *T. nattereri*; E15 *S. marina*; E16 *A. brasiliensis*; E17 *A. anableps*; E18 *C. parallelus*; E19 *C. undecimalis*; E20 *E. itajara*; E21 *R. randalli*; E22 *C. latus*; E23 *Caranx* sp.; E24 *O. palometa*; E25 *O. saurus*; E26 *S. vômer*; E27 *T. carolinus*; E28 *L. buccanella*; E29 *L. jocu*; E30 *L. synagris*; E31 *L. surinamensis*; E32 *D. auratus*; E33 *D. rhombeus*; E34 *E. argenteus*; E35 *Eugerres* sp.; E36 *C. nobilis*; E37 *G. luteus*; E38 *O. ruber*; E39 *P. corvinaeformis*; E40 *C. acoupa*; E41 *C. leiarchus*; E42 *Cynoscion* sp.; E43 *I. parvipinnis*; E44 *M. ancylodon*; E45 *M. furnieri*; E46 *B. ronchus*; E47 *S. naso*; E48 *Stellifer* sp.; E49 *N. microps*; E50 *C. faber*; E51 *M. curema*; E52 *M. gaimardianus*; E53 *M. incilis*; E54 *P. oligodon*; E55 *T. lepturus*; E56 *Paralichthys* sp.; E57 *Citharichthys* sp.; E58 *Achirus* sp.; E59 *Trinectes* sp.; E60 *S. diomedeanu*; E61 *C. psittacus*; E62 *Lagocephalus* sp.; E63 *S. testudineus*.



4 DISCUSSÃO

Em relação ao número de exemplares capturados, foi maior a quantidade de indivíduos na estação chuvosa neste estudo, mas esse padrão sazonal não foi marcante, como foi em outros estudos realizados em estuários da ilha de São Luís. Pinheiro Jr *et al.* (2005) observaram uma sazonalidade bem definida para a presença de determinadas famílias de peixes e a atribuíram ao teor de salinidade da água e pluviometria. Estes autores consideraram que seus resultados apresentavam semelhança com os obtidos para estuários do rio Paciência e Tibiri (BATISTA & REGO, 1996; CASTRO, 2001).

Conforme observou Stoner (1986), numa comunidade de peixes em um manguezal de Porto Rico, a alta abundância na estação chuvosa deve-se na verdade ao aumento da coluna d'água, produtividade e o influxo de detritos para os bentos, e concluiu que a associação de peixes com a coluna d'água parece ser maior que aquelas com a quantidade de matéria na teia alimentar bentônica.

Os índices pluviométricos durante o período de amostragem (0 a 538 mm) foram mais baixos, quando comparados com outros períodos (acima de 800mm em abril de

1985, MARTINS-JURAS, 1989), entretanto a explicação para este fato não está ligada a fenômenos do tipo El Niño (o último em relação ao período de coletas foi em 1997), e os anos de 1999 e 2000 foram anos La Niña no hemisfério Sul (OLIVEIRA et al. 2006).

Para entender os processos bióticos e abióticos que estavam interagindo e como esses processos contribuíram para a formação de padrões estruturais e temporais da ictiofauna subequatorial do Mangue da Raposa foram utilizadas técnicas de análise multivariada. Segundo Valentin (2000) o objetivo dessas técnicas seria detectar e descrever os padrões que estão interagindo, bem como formular hipóteses que regem tais padrões. Somente cinco espécies ocorreram simultaneamente nos meses em que não ocorreu chuva *Micropogonias furnieri*, *Stellifer naso*, *Mugil curema*, *Trichiurus lepturus* e *Anableps anableps*.

Sedberry e Carter (1993) estudaram uma comunidade de peixes no Mar do Caribe, América Central, em três habitats diferentes: canais separados por uma franja de mangue vermelho, *R. mangle*; apicum, e areia e corais. A análise de agrupamento, usando abundância numérica e o coeficiente de Bray-Curtis, demonstrou que o habitat de mangue como sendo dissimilar e provavelmente formado por um componente único; entre os habitats, observaram que os agrupamentos estabeleceram um padrão em relação à constância das espécies. Acosta (1997), em Porto Rico, observou que, nas áreas de mangue, os valores de similaridade foram mais altos entre as diferentes áreas de recife e mais baixos entre áreas de recife e mangue. Castro (2001) estudando a similaridade da ictiofauna ao longo do rio Paciência, através da análise de agrupamento com base na matriz de presença e ausência, identificou três grupos: o primeiro, reunindo amostras do período de seca, meses agosto, setembro e outubro; o segundo reunindo amostras capturadas no período chuvoso nos meses de março, abril, maio e junho; o terceiro grupo predominantemente com amostras coletadas nos meses de janeiro, fevereiro e março. Em um outro estuário da ilha de São Luís, Batista e Rego (1996) no rio Tibiri, identificaram através da análise de agrupamento, porém com critérios quantitativos, dois grupos específicos na estação chuvosa e quatro na estação seca. Pinheiro Jr. et al. (2005), a análise de agrupamento da matriz de presença ausência das espécies registrou seis grupos distintos, segundo os autores as associações mostraram uma sazonalidade bem definida para o estuário do rio Anil, possivelmente pela mudança de salinidade e pluviosidade.

Monteiro-Neto et al. (1990) estudaram um estuário de laguna em Santa Catarina, com objetivo de analisar a estrutura espacial e sazonal da comunidade de peixes. Através da análise de agrupamento entre as diferentes amostras, identificaram

dois grupos correlacionados com os ambientes de águas rasas amostrados. Quanto à análise de agrupamento entre as espécies, identificaram seis grupos. Em ambas as análises os autores usaram vinte oito das cinquenta e nove espécies presentes na comunidade durante o estudo. E concluíram que o gradiente horizontal de salinidade apresentou uma maior correlação com a distribuição preferencial dos grupos de espécies. Para Vendel *et al.* (2002), na gamboa do Bagaço, o agrupamento dos meses definidos pela análise de Cluster refletiram diferenças na ocorrência tanto qualitativa como quantitativa dos taxa mais importantes. Em uma planície de maré no agrupamento foi observado visivelmente as espécies numericamente dominantes e a análise de Cluster revelou cinco grupos principais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos permitem que se afirme que no Mangue da Raposa os mugilídeos dominam o sistema, notadamente *Mugil curema* e *Mugil gaimardianus*, utilizando-o para alimentação e crescimento, embora dele se afastem para a reprodução.

Não houve relação entre a presença de espécies e a sazonalidade. E o fato de determinadas espécies só ocorrerem na estação seca ou chuvosa está relacionado à sua dinâmica de reprodução, como também no papel diferenciado que este ambiente oferece, como refúgio, sitio de alimentação; tanto sazonalmente como circadianamente devido aos ciclos das marés.

Não foi identificado nenhum padrão de sazonalidade em relação as espécies numericamente dominantes. Apesar dos ciclos sazonais de abundância estarem relacionados com as variações de salinidade e temperatura que por sua vez são influenciadas pelo regime pluviométrico da região, não ocorreram diferenças sazonais significativas na abundância das espécies.

REFERENCIAS

ACOSTA, A. Use of multi-mesh gillnets and trammel nets to estimative fish species composition in coral reef and mangroves in the Southwest coast of Puerto Rico. **Caribbean Journal of Science**, v.33, n.1-2, p.45-57, 1997.

ALCÂNTARA, V. **Ecologia da ictiofauna de estuário do Rio Sergipe**. 1989. 2v. 255p. São Paulo, 2v. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BATISTA, V. S.; REGO F. N. Análise de associações de peixes, em igarapés do estuário do rio Tibiri, Maranhão. **Revista Brasileira de Biologia**, v.56, n.1,

CASTRO, A. C. L. Diversidade da assembleia de peixes em igarapés do estuário do rio Paciência (MA-Brasil). **Atlântica**, Rio Grande, v.23, p.39-46, 2001.

CETEC/INPE Disponível em: <http://bancodedados.cptec.inpe.br/climatologia/Controller>. Acessado em: 2 de julho de 2009.

CHAO, L N.; PEREIRA, L. E. & VIEIRA, J. P., **Estuarine fish community of the Patos Lagoon, Brazil**. A baselirre study. In: YANEZ-ARANCÍBA, A. (Ed.). Fish community ecology in estuaries and coastal lagoons: towards anecosystem integration. México, UNAM Press, 1985. p.429-450.

CHAO, L N.; PEREIRA, L. E.; VIEIRA, J. P.; BENVEMUTI, M A. & CUNHA, L P. R. Relação preliminar dos peixes estuarinos e marinhos da Lagoa dos Patos e região costeira adjacente. Rio Grande do Sul, Brasil. **Atlântica**, Rio Grande, v.5, n.1, p.67-75, 1982.

CLARIDGE, P. N.; POTTER, I. C.; HARDISTY, M. W. Seasonal changes in movements, abundance, size composition and diversity of the fish fauna of the Severn Estuary. **Journal of Marine Biology and Association U.K.**, v.66, p.229-258, 1986.

DAY, J. H.; BLABER, S. J. M.; WALLACE, J. H. Estuarine fishes. In: Day, J. H. (ed.). **Estuarine ecology with particular reference to Southern Africa**. Rotterdam, Balkena. 1981. p.197-221.

DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação). **Tábua das marés para o ano de 1999**. Costa do Brasil e portos estrangeiros. DNH, 1998. 217p.

DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação). **Tábua das marés para o ano de 2000**. Costa do Brasil e portos estrangeiros. DNH, 1999. 217p.

FIGUEIREDO, J. L.; MENEZES, N. A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. III. Teleostei (2)**. São Paulo, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. 1980. 90p.

FIGUEIREDO, J. L.; MENEZES, N. A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. VI. Teleostei (5)**. São Paulo, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. 2000. 116p.

FISCHER, W. (ed). **FAO species Identification sheets for fishery purposes. Western Central Atlantic (Fishing Área 31)**. Rome, FAO. v 1-7. 1978.

LACERDA, L. D. Manguezais florestas de beira-mar. **Ciência Hoje**, v.3, n.13, p.64-70, 1984.

LACERDA, L. D. **Os manguezais do Brasil**, p. 187-1986. In: VANNUCCI, M. (ed.) Os Manguezais e Nós. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo. 1999. 219p.

LUEDERWALDT, H. Os manguesaes de Santos. **Revista do Museu Paulista**, v.11, p.309-408, 1919.

MARTINS-JURAS, I. A. G. **Ictiofauna estuarina da Ilha do Maranhão**. 1989. 184p. Tese Doutorado) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MARTINS-JURAS, I. A. G.; JURAS, A. A.; MENEZES, N. A. Relação preliminar dos peixes da ilha de São Luís. **Revista Brasileira de Zoologia**, São Paulo, v.4, n.2, p.105-113, 1987.

MENEZES, N. A.; FIGUEIREDO, J. L. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. IV. Teleostei (3)**. São Paulo, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 1980. 96p.

MENEZES, N. A.; FIGUEIREDO, J. L. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. V. Teleostei (4)**. São Paulo, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 1985. 105p.

MONTEIRO-MELO, C.; BLACHER, C.; LAURENT, A. A. S.; SNIZEK, F. N.; CANOZZI, M. B. & TABAJARA, L. L. C. de A Estrutura da comunidade de peixes em águas rasas na região de Laguna, Santa Catarina, Brasil. **Atlântica**, Rio Grande, v.12, n.2, p.53-69, 1990.

NELSON, J. S. **Fishers of the World**. 3.ed. John Wiley & Sons, Inc. New York. 1994. 600p.

ODUM, W. E. & E. HELAD. Trophic analices of an estuarina mangrove community. **Bulletin of Marine Science**, v.22, n.3, p.671-738, 1972.

OLIVEIRA, F. N. M. DE; ARAÚJO, R. L. C. DE; CARVALHO, J. S.; SILVA, C. L. Inferência de mudanças climáticas na região de Manaus (AM) usando dados geotermais e meteorológicos. **Revista Brasileira de Geofísica**, v.24, n.2, p.169-187, 2006.

PINHEIRO JR., J. R.; CASTRO, A. C. L.; GOMES, L. N. Estrutura da comunidade de peixes do estuário do Rio Anil, Ilha de São Luís, Maranhão. **Arquivo de Ciências do Mar**. Fortaleza. v.38, p.29-37, 2005.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G. **Guia para estudo de áreas de manguezal: Estrutura, Função e Flora**. São Paulo. Caribbean ecológica Research. 1986. 150p, 3 apêndices.

SEDBERRY, G.; CARTER, J. The fish community of a Shallow Tropical Lagoon in Belize, Central America. **Estuaries**, v.16, n.2, p.98-215, 1993.

STONER, A. W. Community structure of the demersal fish species of Laguna Joyuda, Puerto Rico. **Estuaries**, v.9, n.2, p.42-152, 1986.

STRIDE, R. K. **Diagnóstico da pesca artesanal no litoral do Maranhão**. São Luis, FINEP/ODA. 1988. 205p.

VALENTIN, J. L. **Ecologia Numérica**. Rio de Janeiro, Interciências. 2000. 117p.

VENDEL, A. L.; SPACH, H. L.; LOPES, S. G.; SANTOS, C.; Structure and dynamics of fish ssemblages in a tidal creek environment. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.45, n.3, p.365-373, 2002.

WATANABE, S. **Glossário de ecologia**. São Paulo, Academia de Ciências do Estado de São Paulo. (Publicação ACIESP, 24). 1987. 271 p.

YANEZ-ARANCIBIA, A.; AMEZCUA-LINARES, F.; DAY, J. W. Fish community structure and function in Términos Lagoon, a tropical estuary in the Southern Gulf of México. In: KENNEDY, V. S. (ed). **Estuarine Perspectives**. New York, Publ. Academic Press, 1980. p.465-482.

CAPÍTULO 4

ANNUAL STOMACH CONTENTS OF THE CUTTLIFISH *SEPIA OFFICINALIS*, L., 1758 FROM THE CENTRAL ALGERIAN COAST

Data de submissão: 13/09/2024

Data de aceite: 04/10/2024

Hanane Kennouche

National High School of
Marine Sciences and
Coastal Management
Algiers, Algeria

<https://orcid.org/0000-0002-6707-9740>

Ahmed Noaur

University of Science and
Technology Houari Boumediene
Faculty of Biology
Fisheries Laboratory
Algiers, Algeria

ABSTRACT: The gastric contents of 284 common cuttlefish *Sepia officinalis*, Linnaeus 1758 (145 females and 139 males) were studied on the basis of sampling carried out at commercial trawl fishing landings in the central region of the Algerian coast during 2011. Based on qualitative and quantitative analysis, this first study carried out in Algeria revealed a list of prey ingested in the natural environment, as well as prey frequency indices and seasonal replenishment indices. The calculation of prey frequencies was used to study variations in diet between the

sexes, its seasonal evolution and its variation according to size. Crustaceans and fish were the preferred prey, with a slight predominance of fish for females. Molluscs and worms are secondary prey throughout the year. Females have a higher replenishment index than males. The results of this study are correlated with the cuttlefish's life cycle and sexual maturity.

KEYWORDS: Cuttlefish. Diet. Prey frequency. Diet indices. Seasons.

1 INTRODUCTION

Cephalopod molluscs can be found in all the world's oceans and seas, from the surface to depths of over 7,000 meters, from the neritic coastal province to the pelagic offshore domain (Mangold and Boletzky, 1988). Today, the Cephalopods class includes over 700 species that have colonized most marine biotopes. This testifies to the evolutionary success of this group. Cephalopod resources have long been a secondary concern. Yet it is undeniable that the squid, octopus and cuttlefish resources accessible to artisanal and trawler fisheries play an important economic role.

The interest shown in this resource by fisheries led to the creation of the Study

Group on Squid Biology, which later gave rise to the ICES Working Group on Cephalopod Fisheries and life History (WGCEPH). This interest in Cephalopods also contributed to the creation of the Cephalopods International Advisory Council (CIAC) in 1983. According to FAO statistics (2002), 5959 thousand tonnes of molluscs were caught in 2018, including 348 thousand tonnes of cuttlefish and sepiola, representing 6% of this group. Since the beginning of the 20th century, the Mediterranean has been the site of numerous research projects on cephalopods carried out by the Naples zoological station in Italy, the Arago laboratory in Banyuls-sur-mer, France, and the University of Athens, among others.

Sepia officinalis is the cephalopod whose biology is best known (Boletzky, 1983). Mangold-Wirz (1963 and 1966) particularly studied this species in the western Mediterranean and Richard (1971) in the eastern Channel. It has also been the subject of several physiological and ethological studies, thanks to its relatively easy rearing in the laboratory (Wilson, 1946; Denton and Gilpin-Brown 1961; Richard, 1967 and 1971, Lemaire 1970; Boletzky 1971; Pascual, 1978). More recently, *S. officinalis* has been studied for growth (Agus et al., 2024; Al-BeaK, 2024), biology (Martinez-solar et al. 2007; Souquet et al., 2023), ecology (Guerra, 2006; Safi, 2013,) and exploitation (Royer et al. 2006; Gras 2013). In Algeria, few studies have been carried out on this species, apart from the work of Oumouna (1991), Yanat (1994) and Seddikioui et al. (2017). For the first time in Algeria, this work provides data on the composition of the food bolus of cuttlefish *S. officinalis* in the central Algerian region, as well as its variations over time and between the sexes.

2 MATERIALS AND METHODS

This study is based on 284 stomachs from individuals harvested from the trawl fishery in the Algerian region from January 2011 to January 2012. All cuttlefish sampled were weighed, measured and sexed. The measurement taken corresponds to the dorsal length of the mantle (expressed in cm). The stomach contents are preserved in 10% formalin before examination, where they are observed under a binocular magnifying glass (magnification from 10 to 40). Prey are determined by the highest possible taxonomic rank and, for fish, by comparison with a collection of otoliths. Two types of analysis are used. The first, qualitative, consists in drawing up a faunal list of identified prey. The second, quantitative, is based on the calculation and monitoring of the replenishment index (RI). This index indicates the ratio of stomach weight to the total weight of the individual as a percentage (Bliss, 1967). In addition, Hureau's (1970) frequency f , which corresponds to the percentage of stomachs containing a prey category in relation to the number of full stomachs examined, was used to establish Sorbe's (1972) prey classification. When

the frequency is less than 10%, they are accidental prey of no particular significance in the species' diet. When the frequency is between 10 and 50%, they are secondary prey, representing accessory or replacement food for the species. A prey frequency value of over 50%, on the other hand, reflects preferential prey, constituting the main diet and characterizing the type of diet of the species. This study is based on the sex, season and size of the individuals.

3 RESULTS

The gastric contents of 284 individuals were examined, 159 in the cold season (autumn and winter) and 125 in the warm season (spring and summer). Table 1 shows the number of *S. officinalis* individuals collected by season and sex.

Table 1. Number of individuals sampled per season.

Season	Number of females	Number of males	Total number of stomachs per season
Winter	41	34	75
Spring	39	28	67
Summer	26	32	58
Fall	39	45	84

Specific prey analysis enables us to determine the composition of cuttlefish diets in the wild. The diet consists mainly of fish, crustaceans, worms and molluscs (Table 2). Fish are all benthic or bottom-dwelling teleosts, identified by their otoliths. Crustaceans are mainly represented by shrimps and crabs. Only one cephalopod genus is present, *sepia* sp, where there were no bones or jaws, but only pieces of flesh or tentacles.

3.1 PREY FREQUENCY INDEX

The different prey groups of *S. officinalis*, expressed in frequency (f), the number of stomachs containing a given prey (N) and the number of stomachs examined (284) for all sexes combined are shown in Table 3.

Table 2. Inventory of prey ingested by *S. officinalis*.

Branch	Family/Class/Order
Fishes	Soleidae Gobiidae Apogonidae

Crustaceans	Isopoda (sphaeromatidae) Amphipodae Ostracodae Crabs <i>Gonoplax romboides</i> Copepodae Shrimps Cladocerae
Echinoderms	Holothuria
Worms	Polychaete Nematodae
Molluscs	Thecosomes Bivalves Gasteropodae Cephalopods (<i>Sepia</i>)
foraminiferal protists	Nonion Elphidium

Table 3. Number of stomachs (N) containing prey and their frequency (f). The number of stomachs examined was 284, with 160 full stomachs and 124 empty stomachs.

prey groups	f	N
Crustaceans	59.17	171
Fishes	58.13	168
Worms	21.8	63
Crabs	19.03	55
Molluscs	15.92	46
Thecosomes	8.65	25
Shrimps	8.30	24
Cephalopods (<i>Sepia</i>)	4.49	13
Holothurias	0.69	2

Based on Sorbe's (1972) classification of prey frequency, *S. officinalis* prefers crustaceans and fish. Secondary prey are worms, crabs and molluscs. Cephalopods and Holothurians are accidental prey. Cuttlefish tentacles were ingested by some individuals weighing over 200g (or 11.4cm MDL): in January (3 individuals), March (3 individuals), November (2 individuals) and a single individual in April and July

3.1.1 Comparison of diets between the sexes

When comparing the two sexes, there were no notable differences in the quality of their diets. Nevertheless, it is possible to observe a very slight dominance of fish in the

diet of females (39% vs. 35% in males) and a slight dominance of crustaceans in males (39% vs. 37% in females).

3.1.2 Seasonal changes in diet

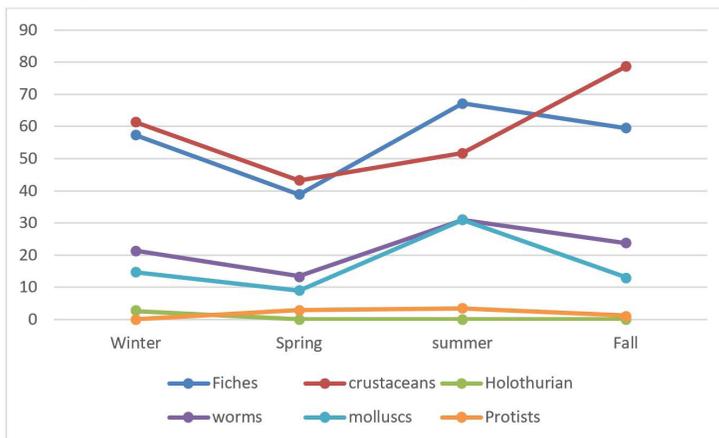
Seasonal monitoring of stomach contents is intended to detect any variations in diet as a function of cuttlefish sexual maturity. This monitoring is based on 145 females and 139 males. Figure 1 shows the variations in the frequency index.

Fish and crustaceans are preferred prey in all seasons, except spring, when all frequencies decrease. This is probably due to the breeding season. It can be noted that fish are dominated by crustaceans throughout the year, except in summer. Molluscs and worms, with a similar pattern, are secondary prey in all seasons, while sea cucumbers and protists remain accidental prey.

3.1.3 Seasonal variations by gender

For males, fish remain the preferred prey, except in spring, when the frequency drops considerably. Worms are secondary prey for males in all seasons. Crustaceans are preferred prey in spring and autumn. They become secondary in winter and summer. Molluscs are preferred prey in two seasons: winter and spring, and secondary in summer and autumn.

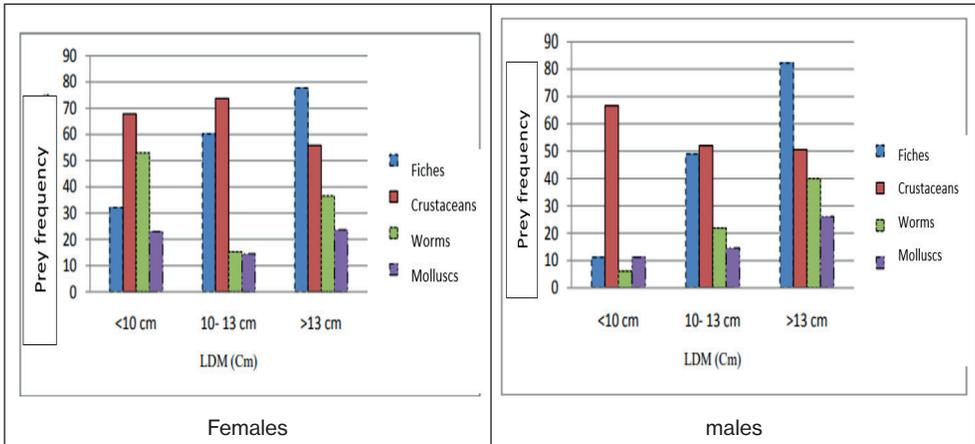
Figure 1. Seasonal variations in the diet of *S. officinalis*, sexes combined.



3.1.4 Diet variations according to size and sex

A distinction is made according to the size of the individuals: less than 10cm, between 10 and 13cm and greater than 13cm (Figure 2 and 3), taking into account that above 13cm, all individuals are mature.

Figure 2 and 3. Diet variation by size and sex.



Crustaceans are the preferred prey, whatever the size of the female. Worms are the preferred prey for small females (under 10cm), with crustaceans predominating. Fish and molluscs are secondary prey for these small individuals.

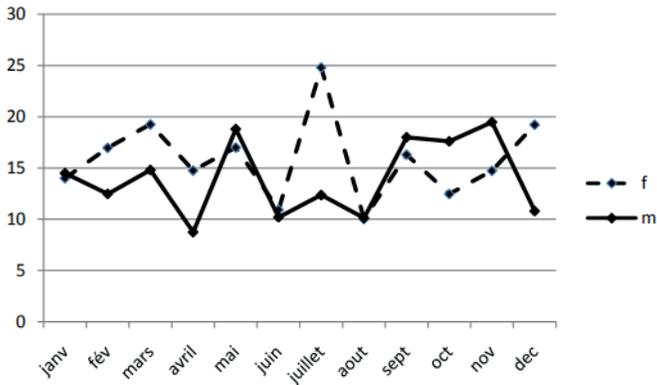
For medium-sized individuals (10 to 13 cm), fish are the preferred prey. Worms and molluscs are secondary prey in almost equal proportions. In the case of large females, over 13cm in size, fish are still the preferred prey, with crustaceans dominating. Worms and molluscs remain secondary prey. Crustaceans are the preferred prey for males. Small individuals feed mainly on crustaceans, while medium-sized individuals (10-13cm) feed on fish and crustaceans. In larger individuals, fish are the preferred prey, followed by crustaceans, while worms and molluscs are secondary prey.

3.2 REPLENISHMENT INDEX

The replenishment index values for females range from 10.03 in August to 24.8 in July. For males, the values ranged from 8.75 in April to 19.48 in November. This observation shows that females have higher replenishment indices.

The curve for this index shows jagged variations depending on the month (Figure 4). The first major peak for females was in July, followed by a second peak in March. For males, on the other hand, the first peak was in May and the second in November. It should be noted that this index is higher in winter for females and in autumn for males, with minimal values in spring for both sexes.

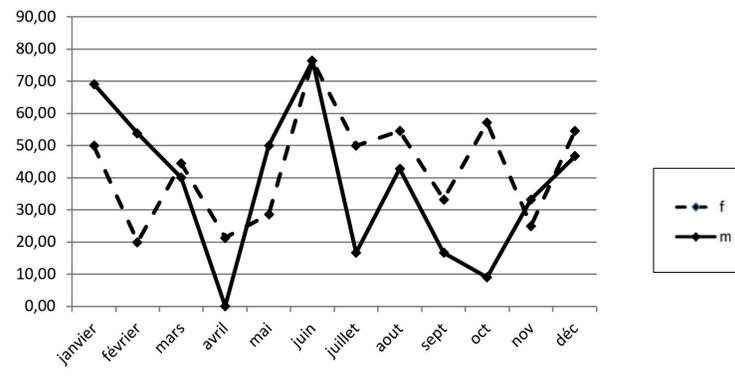
Figure 4. Monthly variation in the replenishment index.



3.3 VACUUM COEFFICIENT

The curve of this coefficient as a function of the month also shows jagged variations (Fig. 5). The values of the vacuity coefficient for females range from 20 in February to 76.47 in June. For males, the values range from 9.09 in October to 76.47 in June. The zero value for males in April means that there was no empty stomach. The first major peak was in June for both sexes, while the second peak was in January for males and October for females. Depending on the season, the emptiness coefficient is higher in spring for both sexes.

Figure 5. Monthly variation in the vacuity coefficient in *S. officinalis*.



4 DISCUSSION

Knowledge of the diet makes it possible to explain the foraging behaviour of the species studied, its migrations, certain aspects of its reproduction, its place in the food chain and its impact on the environment in which it lives. Generally speaking, the diet

is based on fish and crustaceans, which is consistent with the results of other authors: Najai and Ktari (1979) in the Gulf of Tunis; Guerra (1985) and Castro and Guerra (1990) in the Ria de Vigo; Le Mao (1985) in the Bay of Rance; Pinczon du sel and Daguzen (1992) in the Bay of Biscay, Alves et al. (2006) in northern Portugal and Evans (2012) in the Channel. Qualitative analysis of cuttlefish stomach contents is often made difficult by the advanced stage at which the prey is examined. Generally, the parts that are resistant to the mechanical and chemical action of stomach digestion (mandibles, setae, valves, otolith, claws, appendages, etc.) are the only ones that can be easily identified in the stomach. Consequently, identification was limited to the class of animals ingested. Feeding habits are similar between males and females. This is consistent with the observations of Guerra (2006) and Neves et al (2009), who add that this species is an opportunistic predator.

The presence of cuttlefish arms in the stomachs of some individuals probably reflects struggles and bites in the trawl. This was noted by Pinczon du sel and Daguzen (1992). Another hypothesis explaining the presence of cephalopod arms would be those of Guerra (1985), Castro and Guerra (1990) and Alves et al (2006); this sporadic cannibalism would be a common phenomenon in spawning areas that could be explained by fighting during mating (Pinczon du sel et al., 2000, 2000). There is a seasonal variation in the diet linked to variations in maturity stages, a result already confirmed by Neves et al (2009), who explain these variations by the migrations of cuttlefish (rib-wing). The diet of *S. officinalis* is based essentially on crustaceans, except in summer, when the diet is reversed, with fish predominating. Pinczon du sel et al (2000) refer to this inversion of the diet between the overwintering area and the spring area as being linked to reproduction. Crustaceans are secondary prey in autumn and summer. These seasons correspond to the breeding season for large individuals. Neves et al (2009) observed Foraminifera exclusively in juveniles, whereas our work revealed these types of prey in females larger than 13 cm and in both sexes between 10 and 13 cm. Foraminifera

The present results show that young cuttlefish feed on small prey. These observations were also reported by Richard (1971) and Duval et al (1984) who demonstrated in the laboratory the existence of an optimal size ratio between cuttlefish and their prey. In fact, we have observed that juveniles feed on amphipods and decapods. In this class (juveniles), prey is varied. This was noted by Castro and Guerra (1990), who found that the number of prey varieties decreased with increasing size. Our study showed that food preferences changed with size. Small individuals under 10 cm in size prefer crustaceans. In medium-sized individuals corresponding to the size of first sexual maturation (10 - 13 cm), fish are added to crustaceans as preferred prey. As they mature, adults feed mainly

on fish. The study by Neves et al (2009) highlighted the predominance of crabs and fish in adult cuttlefish, and Le Mao (1985) concluded that the largest individuals sought out large demersal and nectonic fish: *Dicentarchus labrax*, *Belone belone*, Gadidae and Labridae. The same author asserted that there was an evolution in the diet according to size, with Mysidacea and Amphipoda being the prey eaten by the smallest specimens, while *Dicentarchus labrax*, *Belone belone*, Gadidae and Labridae were the prey eaten by the largest individuals.

The repletion index gives low values. This is demonstrated by Lacoue-Labarthe (2007), who notes that the cuttlefish has a high metabolism and is linked to a carnivorous diet. Najai and Ktari (1979) and Guerra (2006) explain these low values by very rapid digestion. In our study, this index averaged 15.3% in adults in winter. This value falls in spring to 12.8%. This represents a reduction of around 83%. Pinczon du sel and Daguzan (1992) explain this drop by the fact that adults stop feeding because the genital organs compress the digestive system. Interpreting the emptiness coefficient is difficult because it does not accurately reflect the animal's emptiness. In fact, according to Kohler (in Najai, 1983), emptiness may be caused by complete digestion due to the absence of prey within the predator's reach. The values obtained for the coefficient are therefore not very significant; only the shape of the curve gives an idea of the trophic behaviour (Najai, 1983). The vacuity coefficient obtained in this study clearly shows spring reproduction of cuttlefish in the Algerian region. Pinczon du sel et al (2000) show that cuttlefish reduce their trophic activity during spawning. Our results also enabled us to observe a higher vacuity coefficient in males, the same observation made by Quintela and Andrade (2002) who explain that the high values of this coefficient are due to the fact that the males are more active during spawning.

Analysis of the diet of *S. officinalis* revealed a diet based on fish and crustaceans, with an increase in prey size as cuttlefish size increased. This study compared the feeding habits of this species as a function of sex, size and season, where nutritional activity decreases in spring and summer during gonad maturation, as demonstrated by the increase in the vacuity index.

REFERENCES

Alves, D.M., Cristo, M., Sendao, J., Borges, T.C. (2006). Diet of the cuttlefish *Sepia officinalis* (Cephalopodes: Sepiidae) of the South coast of Portugal (Eastern Algarve). *J. Mar.Biol. Assoc.UK* 86: 429 – 436 DOI: 10.1017/S0025315406013312

Agus, B.; Ruiu, S.; Cera, J.; Bellodi, A.; Pasquini, V. and Cuccu, D. (2024). Age Estimation in *Sepia officinalis* Using Beaks and Statoliths. *Animals*, 14, 2230. <https://doi.org/10.3390/ani14152230>

AL-Beak, A. M., El-Dakar, A.Y., Meselhy, Aly S., and ElAiat, A.A. (2024). Aging and Growth Determination of Common Cuttlefish (*Sepia officinalis*) using the Cuttlebone. Mediterranean Aquaculture Journal 2024 11 (1):9-20 DOI: 10.21608/MAJ.2024.361553

Bliss, C.I. (1967). Statistic in biology. MacGraw Hill. New York Blondel J. 1979. Biogéographie et écologie. Masson, Paris, 173 pp.

Boletzky, S.v. (1971). Rotation and First Reversion in the Octopus Embryo - A case of Gradual Reversal of Ciliary Beat. - *Experientia*, 27, p. 558-560.

Boletzky, S.V. (1983). *Sepia officinalis*. In: Boyle, P. R. Cephalopod life Cycles. Vol.1. 31-52. Academic Press, London. 120.

Castro, B.G., Guerra, A. (1990). The diet of *Sepia officinalis* (Linné, 1758) and *Sepia elegans* (D'orbigny, 1835) (Cephalopodes: sepiidae) from the Ria de Vigo (NW Spain). *Sci. Mar.* 54 (4): 375-388.

Denton, E.J., Gilpin-Brown, J.B. (1961). The Buoyancy of the cuttlefish *Sepia officinalis* (L.). *J.Mar. Biol. assoc.UK*: 41:319-342.

Duval, P., Chichery, M.P., Chichery, R. (1984). Prey capture by the cuttlefish. An experimental study of two strategies. *Behav. Proc.* 9: 13 - 21.

Evans, H.J. (2012). The diet of the juvenile cuttlefish *Sepia officinalis* (Cephalopoda: Sepiidae) in the English channel. *J; Mar. Biol. Ass. U.K.*

FAO (2020). La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2020. La durabilité en action. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229fr>

Gras, M. (2013). Contribution des frayères côtières au recrutement du stock de seiche *Sepia officinalis* de Manche: lien entre le succès de la phase pré-recrutée et l'abondance de la ressource. Université de Caen Basse-Normandie.

Guerra, A. (1985). Food of the cuttlefish *Sepia officinalis* and *Sepia esculenta* in the Ria de Vigo (N.W. spain) (Mollusca: cephalopoda). *Jlool.SerA.GBR*, 207(4), 511-519.

Guerra, A. (2006). Ecology of *Sepia officinalis*. *Vie et milieu. Life and environment* 56: 97 - 107.

Hureau, J.C. (1970). Biologie compare de quelques poissons arctiques. *Bull. Instit Océanogr. de Monaco*. N°1391 :244p.

Lacoue-Labarthe, T. (2007). Incorporation des métaux dans les œufs de la seiche commune *Sepia officinalis* L. et effets potentiels sur les fonctions digestives et immunitaires. Thèse université de La Rochelle. 220p.

Lemaire, J. (1970). Table de développement embryonnaire de *Sepia officinalis* L (Mollusque céphalopode). *Bulletin de la société zoologique de France*, 95: 773-782.

Le Mao, P. (1985). Place de la seiche *sepia officinalis* (Mollusque cephalopode) dans les chaines alimentaires du golfe Normano-breton. *Cah. Biol. Marine XXVI*, 331-340.

Mangold-Wirz, K. (1963). Contribution à l'étude de *Rossia caroli* Joubin. *Vie et milieu*, 14 (2).

Mangold-Wirz, K. (1966). *Sepia officinalis* de la mer catalane. *Vie et milieu*, 17 (2A): 961- 1012.

Mangold-Wirz, K. (1966). *Sepia officinalis* de la mer catalane. Vie et milieu, 17 (2A): 961- 1012.

Mangold K., Boletsky, S. (1988). Mediterranean cephalopod fauna. In : M.R. Clarck and E.R. Trueman (eds.), Etology and Neontology of cephalopods, the mollusc, 12, 315 -330. San Diego, Academic press.

Martinez-Soler, F., Kurtz, K., Chiva M. (2007). Sperm nucleomorphogenesis in the cephalopod *Sepia officinalis* Tissue and Cell 39 (2007) 99–108 DOI: 10.1016/j.tice.2007.01.005- Source: PubMed.

Najai, S. (1983). Contribution à l'étude de la biologie des pêches des céphalopodes de tunisie. Application à l'espèce *Sepia officinalis*. Thèse 3ème cycle . université de tunis, 229p.

Najai, S., ktari, M.H. (1979). Etude du régime alimentaire de la seiche commune (*sepia officinalis*, linné, 1758) (Mollusque, céphalopode) du golfe de tunis. Bull. inst nat. Scient. Tech. Oceanogr. Pêche salammbo, 6(1-4): 53-61.

Neves, A., Sequera, V., Vieira, A.R., Paiva, R. Gardo, L.S. (2009). Feeding habits of the cuttlefish *Sepia officinalis* during life cycle in the sado estuary (Portugal). Hydrobiologia. 636: 479 - 488.

Oumouna, M. (1991). Contribution à l'étude de la biologie de la reproduction de la seiche *Sepia officinalis* L., Thèse de Magistère, I.S.N, USTHB, Alger, 163p.

Pascual, E. (1978). Crecimiento y alimentacio.n de tres generaciones de *Sepia officinalis* en cultivo. Invest. Pesqu. 42, 421-443.

Pinczon du sel, G. and Daguzen, J. (1992). Contribution à la connaissance du régime alimentaire de la seiche *Sepia officinalis* (mollusque, céphalopodes) dans le nord du golf de Gascogne et dans le golfe du Morbihan. Résultats préliminaires. Ifremer, Acte de colloques14: 155-172.

Pinczon du sel G., Blanc, A., Daguzan J. (2000). The diet of the cuttlefish *Sepia officinalis* L (Mollusca: cephalopoda) during its life cycle in the northern bay of Biscay. Aquatic sci. 61: 167-178.

Quitela, J. Andrade, J.P. (2002). Effect of temperature on gastric evacuation rates of *Sepia officinalis* (Linnéus, 1758) in laboratory conditions. Bull. Mar. Sci. 71(2):681-689.

Richard, A. (1967). Influence de la température et de la nutrition sur la forme et la striation de la coquille de *sepia officinalis* (Mollusque, céphalopodes). C.R. Soc. Biol. Paris, 161 (3): 620 – 624.

Richard, A. (1971). Contribution à l'étude expérimentale de la croissance et de la maturation sexuelle de *Sepia officinalis* (Mollusque, céphalopodes). Thèse univ. De lille I: 304p.

Royer, J., Pierce, G.J., Foucher, E., Robin, J.P. (2006). The english channel stock of *sepia officinalis*: modelling variability in abundance and impact of the fishery. Fisheries research 78: 96-106.

Saddikioui, L., Mazouz, M. and Abi-Ayad, S.-M. (2017). First data on reproduction and growth parameters of the cuttlefish (*Sepia officinalis* L.) in Oran bay (Western Algeria coasts). International Journal Of Biosciences, 10 (5): 75-84 DOI: 10.12692/ijb/10.5.75-84

Safi, G. (2013). Etude de la variabilité spatio-temporelle des caractéristiques physiologiques des jeunes stades de vie de la seiche *Sepia officinalis* L. en Manche. Université de Caen Basse-Normandie.

Sorbe, J.C. (1972). Ecologie et Ethologie alimentaire de l'ichthyofaune chalutable du plateau continental Sud Gascogne. Thèse UER. Science de la mer et de l'environnement. Université d'Aix-Marseille. Doct. 3ème cycle.125p.

Souquet, L., Basuyaux, O., Guichard, G., Herrel, A. Rouget, I. Evans, S. Moazen, M. (2023). The growth of the buccal mass in *Sepia officinalis*: functional changes throughout ontogeny Marine Biology (2023) 170:82 DOI: 10.1007/s00227-023-04224-1

Wilson, D.P. (1946). A note on the capture of prey by *Sepia officinalis* L. J. Mar. boil. Ass. UK. 3:421-425.

Yanat, M. (1994). Contribution à la connaissance de la digestion chez un Céphalopode *Sepia officinalis* (L.). Thèse de Magistère, USTHB, Alger, 106p.

SOBRE O ORGANIZADOR

PAULO ALEXANDRE DE SOUSA FALÉ: Engenheiro de Proteção Civil formado pela Universidade Lusófona do Porto (ULP, Portugal) e Mestre em Gestão de Emergência e Socorro pelo Instituto Superior de Ciências da Informação e da Administração (ISCIA, Portugal). Realizou duas pós-graduações: Em Gestão Municipal de Proteção Civil (ISCIA, Portugal) e Máster en Dirección y Gestión de Proyectos (IMF Business School, Espanha). Atualmente é Diretor de Operações Portuárias e Segurança e Oficial de Proteção Portuária, na Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira (APRAM S.A., Portugal) e foi durante vários anos oficial de operações do Subcentro de Busca e Salvamento Marítimo do Funchal (MRSC Funchal, Portugal). Foi facilitador da International Maritime Rescue Federation (IMRF, Suécia) em formações de Mass Rescue Subject-Matter Expert e impulsor do Plano de Resgate em Elevada Escala da Região Autónoma da Madeira. Autor do artigo *Challenges in bathing waters drowning risk management. A Case Study in the Madeira Island*, tem desenvolvido investigação e estudo contínuo nas áreas de avaliação e gestão do risco e resiliência portuária.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Administração 2, 6, 5, 7, 8, 11, 12, 14

Análise multivariadas 29, 30, 33

Associações de peixes 30, 38

C

Contaminación suelos 17

Cuttlefish 41, 42, 43, 44, 45, 48, 49, 50, 51

D

Diet 41, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51

Diet indices 41

G

Gestão 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15

Governança 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 14

M

Metales pesados 17, 18, 19, 20, 24, 26

P

Portuária 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15

Prey frequency 41, 43, 44

R

Resiliência 1, 2, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15

Risco 2, 8, 9, 10, 11, 13

S

Sazonalidade 29, 30, 35, 36, 37, 38

Seasons 41, 45, 48

T

Termoeléctrica 17, 19, 20, 21, 22, 27, 28