



UNIVERSIDADE
LUSÓFONA

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE LISBOA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA VETERINÁRIA

**PESQUISA E CARACTERIZAÇÃO DE *KUDOIA* SPP. EM
PRODUTOS DA PESCA EM CONTEXTO DE LOTA E
POSTO DE CONTROLO FRONTEIRIÇO**

VERSÃO FINAL

Dissertação apresentada a provas públicas para a obtenção do grau de mestre em Medicina Veterinária, orientada por Professor Doutor Tiago Gomes e Mestre Pedro Melo (orientador externo)

Laura Alexandra Soares Almeida nº 21802113

2025

www.lusofona.pt



UNIVERSIDADE
LUSÓFONA

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE LISBOA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA VETERINÁRIA

**PESQUISA E CARACTERIZAÇÃO DE *KUDO*A SPP.
EM PRODUTOS DA PESCA EM CONTEXTO DE
LOTA E POSTO DE CONTROLO FRONTEIRIÇO**

VERSÃO FINAL

Dissertação defendida em provas públicas na Universidade Lusófona, Centro Universitário de Lisboa, no dia 23/07/2025, perante o júri, nomeado pelo Despacho de Nomeação n.º: 394/2025, de 8 de julho de 2025, com a seguinte composição:

Presidente: Professora Doutora Laurentina Maria Rilha Pedroso

Arguente: Professora Doutora Sónia Catarina da Silva Ramos Professora Auxiliar da Universidade Lusófona

Orientador: Professor Doutor Tiago Alexandre Leandro Gomes

Vogal : Professor Doutor Rui Pedro Brás Martins Faísca

Este trabalho também foi orientado por Mestre Pedro Melo (orientador externo).

Laura Alexandra Soares Almeida nº 21802113

2025

www.ulusofona.pt

Agradecimentos

Agradeço à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias.

Agradeço ao Professor Doutor Tiago Gomes, pela sábia orientação e por ter estado sempre presente e disponível para me ajudar em qualquer circunstância. E por me ter proporcionado uma experiência incrível, no Posto de Controlo Fronteiriço (PCF) de Lisboa.

Agradeço também a todos os professores que me acompanhara neste percurso de 6 anos intensos, especialmente a dois, por quem tenho uma enorme admiração, que mesmo não pertencendo a este projeto, pertenceram ao “Projeto Laura Médica Veterinária”, ao Dr. Pedro Almeida e ao Dr. João Martins, que com a sua assertividade, conhecimento e humildade fizeram-me acreditar que valia a pena todo o esforço. Agradeço ao Dr. Pedro Melo, Dra. Ana Machado, Dra. Guadalupe Amaro, Dra. Manuela Dias, Dra. Filomena Afonso, Dr. Diogo Consciência, Dra. Margarida Leandro, Dr. Gonçalo Antunes, Dr. Francisco Gomes e Dr. Pedro Caiado, por todo o conhecimento e experiência que me permitiram adquirir ao vosso lado e à administrativa, D. Marília por toda ajuda, principalmente nos dias em que estive na Carga Aérea, senti-me parte da Família PCF.

Agradeço à Direção-Geral de Alimentação e Veterinária, por permitir e aceitar o meu estágio nos Postos de Controlo Fronteiriços de Lisboa.

Agradeço à Dra. Cláudia Correia, diretora clínica da AlcabidecheVet, por quem tenho uma profunda admiração e que tenho como uma enorme referência de amor e cuidado aos animais, que me permitiu partilhar do dia-a-dia da clínica sem qualquer hesitação. Por todas as vezes que me ensinou e ensina como tratar e respeitar os animais, e por continuar a cuidar dos meus patudos como ninguém. À enfermeira Joana Patrício, à Dra. Rita Diniz, por tudo o que me ensinaram e ensinam e pela vossa amizade. E um obrigado a toda a equipa da AlcabidecheVet por me receberem tão bem.

Agradeço ao meu marido, Tiago Rente, por me ter permitido, realizar o meu sonho de criança e aguentar todos os meus altos e baixos, acreditando, incondicionalmente, na minha capacidade, por nunca me ter faltado com um abraço e uma palavra de sabedoria quando precisei.

Agradeço aos meus sogros, Ema Rente e Francisco Rente, por me proporcionarem momentos únicos, por me tratarem como uma filha e ensinarem que é possível ter uma família estruturada.

Agradeço à minha avó, que mesmo não estando presente fisicamente, sei que nunca

me abandona... *“Até ao Universo e mais Além...”*

Agradeço à minha mãe, Maria Soares, por ter sido a mulher mais corajosa que conheci na vida e por ser um exemplo real de resiliência, que mesmo faltando o essencial na mesa, nunca faltou o colo e o amor.

Ao meu padrasto, António Figueirôa, um eterno agradecimento, por ter sido a figura paterna, que me deu os meus primeiros ténis, que me ensinou que, ninguém nasce com vícios e que a mente humana é altamente capaz de criar tudo aquilo em que acredita.

À minha irmã, Maria Almeida, um enorme obrigada por “me abrir os olhos” e dizer constantemente “não fujas do que amas!” e por ser o exemplo, a referência da minha vida. À minha irmã mais nova, Estela Figueirôa, obrigada por seres tão corajosa e me mostrares que a idade é apenas um número.

Ao meu cunhado, Ernesto Xavier, o irmão que a vida me deu, obrigado por tudo o que fizeste pela avó.

Agradeço aos meus sobrinhos Miguel, Martim e Salvador, pelos abraços, pelos beijinhos e pelo amor que me fazem sentir.

Às minhas melhores amigas Andreia Palma, Andreia Marcelino um agradecimento enorme, por todas as vezes em que pensei desistir, por não aguentar a pressão de trabalhar, estudar, ter uma casa para cuidar e contas para pagar...por me ouvirem e chorarem comigo.

Aos colegas com quem partilhei grande parte desta jornada de Medicina Veterinária, Inês Santos, Viviana Bastos, Karina Santos, Martim Anjos, Sara Alves e Maxine Walton, pelas horas se sufoco e de risadas.

Aos meus gatos Gil, Bia, Simão, Zé e Mimi, à minha cadela Sara, que são os amores da minha vida e os meus fiéis companheiros.

E finalmente a mim, por ter sido uma criança sonhadora, mesmo vivendo num caos, uma adolescente trabalhadora e com imenso juízo, uma adulta batalhadora, sonhadora e decidida.

Resumo

Os mixozoários do género *Kudoa* (Mixozoa: Multivalvulida) são parasitas aquáticos cosmopolitas, que infetam diversos peixes marinhos e estuarinos com interesse comercial. A sua presença origina, frequentemente, perdas económicas na indústria da pesca e aquacultura quer devido à degradação muscular acelerada dos produtos da pesca infetados (mioliquefação *post-mortem*), quer secundária à formação de quistos macroscópicos. Recentemente este parasita tem sido também associado a casos zoonóticos associados à ingestão de peixe cru.

De modo a caracterizar a situação em Portugal, o presente estudo analisou a presença de mixosporos do género *Kudoa* em diversas localizações anatómicas em cavala (*Scombercolias*) e carapau (*Trachurus trachurus*), descarregados na lota de Peniche, e em garoupa-legítima (*Epinephelus aeneus*), pargo-sêmola (*Pagrus auriga*) e carapau-chileno (*Trachurus murphyi*), recolhidos nos Postos de Controlo Fronteiriço de Lisboa, e provenientes de países terceiros (Senegal e Chile). Para isso, foi conduzida uma análise quantitativa (número de esporos por grama de músculo) e qualitativa (morfometria dos esporos detetados).

Os resultados revelaram uma prevalência de 100% de *Kudoa* spp. em carapau, sendo que a intensidade média foi de $115,43 \times 10^3$ mixosporos por grama de músculo, mesmo na ausência de alterações macroscópicas evidentes. Por outro lado, a prevalência em cavala foi de 0%. Nas amostras provenientes de países terceiros, a parasitose apenas foi detetada em pargo- sêmola, com uma intensidade de $3,75 \times 10^3$ mixosporos/g.

Este estudo confirmou a presença deste parasita, com potencial zoonótico, em produtos da pesca colocados no mercado português, para consumo humano. Desta forma, sublinha-se a congelação prévia como medida preventiva essencial, quando o peixe é consumido cru ou insuficientemente confeccionado. Esta medida é particularmente relevante, uma vez que os controlos oficiais estabelecidos, preconizam apenas a inspeção visual macroscópica na deteção de parasitas visíveis, o que exclui os mixozoários do género *Kudoa*.

Palavras-chave: Saúde Pública; *Kudoa* spp.; morfometria; peixe; Posto de Controlo Fronteiriço.

Abstract

The myxozoans of the genus *Kudoa* (Myxozoa: Multivalvulida) are cosmopolitan aquatic, parasites that infect various marine and estuarine fish of commercial interest. Their presence frequently causes economic losses in the fishing and aquaculture industry, either due to accelerated muscle degeneration of infected fish products (*post-mortem* myoliquefaction), or secondary to the formation of macroscopic cysts. Recently, this parasite has also been associated with zoonotic cases linked to the consumption of raw fish.

In order to characterize the situation in Portugal, the present study analyzed the presence of myxospores of the genus *Kudoa* in various anatomical locations in Atlantic chub mackerel (*Scomber colias*) and Atlantic horse mackerel (*Trachurus trachurus*), landed at the Peniche first sale fish market, and in white grouper (*Epinephelus aeneus*), redbanded seabream (*Pagrus auriga*), and Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*), collected at the Border Control Posts in Lisbon, originating from third countries (Senegal and Chile). For this purpose, a quantitative analysis (number of spores per gram of muscle) and qualitative analysis (morphometry of detected spores) were conducted.

The results revealed a 100% prevalence of *Kudoa* spp. in Atlantic horse mackerel, with an average intensity of $115,43 \times 10^3$ myxospores per gram of muscle, even in the absence of evident macroscopic alterations. On the other hand, the prevalence in Atlantic chub mackerel was 0%. In samples from third countries, the parasitosis was only detected in redbanded seabream, with an intensity of 3.75×10^3 myxospores/g.

This study confirmed the presence of this potentially zoonotic parasite in fishery products placed on the Portuguese market for human consumption. Thus, prior freezing is emphasized as an essential preventive measure when fish is consumed raw or insufficiently cooked. This measure is particularly relevant since established official controls only establish visual macroscopic inspection for the detection of visible parasites, which excludes myxozoans of the genus *Kudoa*.

Keywords: Public Health; *Kudoa* spp.; morphometry; fish; Border Control Post.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A - Altura do mixosporo

ADN - Ácido desoxirribonucleico

Cc - Comprimento da cápsula polar do mixosporo

cm - Centímetros

DD - Estatuto de conservação - Informação Insuficiente (do inglês *Data Deficient*)

DGAV - Direção-Geral de Alimentação e Veterinária

DGRM - Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos

DSAVRLVT - Direção de Serviços de Alimentação e Veterinária da Região de Lisboa e Vale do Tejo

DSCE - Documento Sanitário Comum de Entrada

EM - Eixo maior do mixosporo

Em - Eixo menor do mixosporo

EFSA - Agência Europeia de Segurança Alimentar (do inglês *European Food Safety Authority*)

FMV-ULusófona - Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona

IUCN – União Internacional para a Conservação da Natureza (do inglês *International Union for Conservation of Nature*)

INE - Instituto Nacional de Estatística

K - *Kudoa* spp.

LC - Estatuto de conservação - Pouco Preocupante (do inglês *Least Concern*)

Lc - Largura da cápsula polar do mixosporo

mL - Mililitro

mm - Milímetro

NaCl - Cloreto de sódio

NAVA - Núcleo de Alimentação e Veterinária de Alcântara

NC - Nomenclatura combinada

NT - Quase Ameaçada (do inglês *Near Threatened*)

PBS - Solução salina tamponada com fosfato (do inglês *Phosphate Buffered Saline*)

PCR - Reação em Cadeia da Polimerase (do inglês *Polymerase Chain Reaction*)

PCF - Posto de Controlo Fronteiriço

pH - Potencial de hidrogénio

r - Coeficiente de correlação de *Pearson*

SEM - Microscopia Eletrônica de Varrimento (do inglês *Scanning electron microscopy*)

SPRFMO - Organização Regional de Gestão das Pescas do Pacífico Sul

SSU rADN- Subunidade pequena de ADN ribossomal (do inglês *Small subunit ribosomal DNA*)

TEM - Microscopia Eletrônica de Transmissão (do inglês *Transmission electron microscopy*)

TER - Resistência Elétrica Transepitelial

TRACES – Sistema Informatizado de Controlo das Trocas Comerciais (do inglês *Trade and Control Experts System*)

UE - União Europeia

UV - (Radiação) ultravioleta

VS - *versus*

18S - Subunidade pequena do RNA ribossomal

28S - Subunidade maior do RNA ribossomal

µm - Micrómetros

Índice

Descrição da casuística do estágio	14
1. Clínica de animais de companhia	14
2. Controlos oficiais de segurança alimentar	16
3. Atividade laboratorial de investigação.....	17
I. Introdução	19
1. Pesquisa e caracterização de <i>Kudoa</i> spp. em produtos da pesca	19
1.1. Os parasitas do género <i>Kudoa</i>	20
1.1.1. Taxonomia	20
1.1.2. Ciclo biológico	21
1.1.3. Distribuição geográfica.....	23
1.1.3.1. Caracterização da situação na Europa e especificamente em Portugal....	25
1.1.4. Morfologia	26
1.1.5. Patogenia	29
1.1.5.1. Nos hospedeiros vertebrados	29
1.1.5.2. Hospedeiros invertebrados.....	31
1.1.6. Diagnóstico	31
1.1.7. Impacto económico e sanitário	32
1.1.8. Toxinfecção alimentar em humanos.....	33
1.2. Hospedeiros íctios	35
1.2.1. Género <i>Trachurus</i>	35
1.2.1.1. Carapau-branco (<i>Trachurus trachurus</i>)	35
1.2.1.2. Carapau -chileno (<i>Trachurus murphyi</i>)	36
1.2.2. Cavala (<i>Scomber colias</i>).....	38
1.2.3. Pargo-sêmola (<i>Pagrus auriga</i>)	39
1.2.4. Garoupa legítima (<i>Epinephelus aeneus</i>).....	40
1.3. Controlos oficiais	41
1.3.1. Primeira venda de produtos da pesca - Lota.....	41
1.3.2. Posto de Controlo Fronteiriço (PCF).....	42
1.3.2.1. Controlo Documental.....	45
1.3.2.2. Controlo de Identidade.....	45
1.3.2.3. Controlo Físico	45
1.3.2.4. Controlo Analítico	46
1.3.2.5. Decisões relativas às remessas.....	47
1.4. Objetivos do estudo.....	47
II. Material e métodos	48
1. Amostragem.....	48
1.1. Lota de Peniche	48
1.2. Posto de Controlo Fronteiriço de Lisboa.....	48
2. Processamento.....	48
2.1. Necrópsia e separação dos tecidos para análise	49
2.2. Maceração, homogeneização e filtração	50
3. Observação e caracterização das formas parasitárias do género <i>Kudoa</i>	51
4. Análise de dados	52
III. Resultados	53
1. Lota de Peniche.....	53
1.1. Caracterização dos hospedeiros.....	53
1.2. Caracterização parasitária.....	53
2. Posto de Controlo Fronteiriço	56

2.1. Caracterização do hospedeiro.....	56
2.2. Caracterização parasitária.....	56
3. Resultados estatísticos.....	57
IV. Discussão	59
V. Conclusão.....	69
VI. Bibliografia.....	71
ANEXO.....	I

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Resumo do estágio na área clínica de pequenos animais.....	15
Tabela 2 - Número de pacientes examinados durante o estágio em clínica de animais de companhia	15
Tabela 3 - Número e tipos de procedimentos acompanhados em cães e gatos durante o período de estágio	15
Tabela 4 - Resumo do estágio na vertente de controlos oficiais de segurança alimentar	16
Tabela 5 - Número de controlos oficiais acompanhados durante o estágio curricular na Direção-Geral de Alimentação e Veterinária.....	17
Tabela 6 - Número de controlos de mercadorias por tipologia, autorizadas para o mercado interno, realizadas pela estagiária	17
Tabela 7 - Resumo do estágio na vertente laboratorial que decorreu na Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona	18
Tabela 8 - Tabela de distribuição geográfica do género <i>Kudoa</i> , territórios e oceanos onde foram identificados pela primeira vez.....	24
Tabela 9 - Comprimento e peso dos exemplares analisados de <i>Scomber colias</i> e <i>Trachurus trachurus</i> adquiridos na lota de Peniche	53
Tabela 10 – Número de mixosporos do género <i>Kudoa</i> por grama de músculo de carapau (<i>Trachurus trachurus</i>) da lota de Peniche; Amostra (A)- 1 grama de músculo dorsal anterior; Amostra (P)- 1 grama de músculo dorsal posterior	54
Tabela 11 - Resumo das características parasitárias do género <i>Kudoa</i> analisadas	56
Tabela 12 - Resumo de características físicas dos produtos da pesca recolhidos no PCF de Lisboa.....	56
Tabela 13 - Resumo das características parasitárias das amostras colhidas no PCF de Lisboa, no mês de Agosto de 2024	57
Tabela 14 - Resultados estatísticos dos métodos de Pearson e t-test	58

Índice de Figuras

Figura 1 – Ciclo biológico do género <i>Kudoa</i>	23
Figura 2 – Mixosporos de <i>Kudoa crenimuglis</i>	26
Figura 3 – Representação da ultraestrutura de <i>Kudoa crenimuglis</i> a infetar o músculo liso intestinal de tainha (<i>Crenimugil crenilabis</i>).....	27
Figura 4 – Diagrama de variedade morfológica do género <i>Kudoa</i>	27
Figura 5 – Fotomicrografia de corte histológico de <i>Kudoa encrasicoli</i>	28
Figura 6 – Esquema de estrutura de actinosporo de um mixozoário	28
Figura 7 – Carapau ou carapau branco (<i>Trachurus trachurus</i>).....	36
Figura 8 – Carapau-chileno (<i>Trachurus murphyi</i>)	37
Figura 9 – Cavala (<i>Scomber colias</i>).....	39
Figura 10 – Pargo-sêmola (<i>Pagrus auriga</i>)	39
Figura 11 – Garoupa-legítima (<i>Epinephelus aeneus</i>)	41
Figura 12 – <i>Trachurus trachurus</i> , localização anatómica dos locais de colheita de músculo e pele nas amostras de peixe da lota de Peniche.....	49
Figura 13 – <i>Epinephelus aeneus</i> , localização anatómica dos locais de colheita de músculo e pele nas amostras de peixe colhido no Posto de Controlo Fronteiriço (PCF)	50
Figura 14 – Esquema de seleção das 10 amostras, para visualização/caracterização morfométrica dos mixosporos de <i>Kudoa</i>	51
Figura 15 – Vistas apical e lateral de mixosporos de <i>Kudoa</i> spp	51
Figura 16 – Vistas lateral e apical de mixosporos de <i>Kudoa</i> spp	55

Índice de Gráficos

Gráfico 1 – Representação gráfica da Tabela 10 – contagem de mixosporos de <i>Kudoa</i> spp. por grama de músculo em carapau (<i>Trachurus trachurus</i>)	55
--	----

Descrição da casuística do estágio

A presente dissertação pretende descrever as atividades desenvolvidas pela autora durante o estágio curricular do Mestrado Integrado em Medicina Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona (FMV-ULusófona), dando cumprimento à estrutura curricular e ao plano de estudos divulgados pelo Despacho nº 15989/2009 (2ª Série) publicado no Diário da República de 13 de junho de 2009 e alterado pelo Despacho nº 8686/2020 de 9 de setembro.

No total, as atividades deste estágio curricular decorreram ao longo de aproximadamente 775 horas em diversas áreas de atuação da Medicina Veterinária, que apesar de distintas são complementares, dando cumprimento ao plano de estudos do Mestrado Integrado em Medicina Veterinária da FMV-ULusófona. O estágio, que decorreu entre os meses de março e setembro de 2024, sob a orientação do Professor Doutor Tiago Gomes, foi dividido em três componentes distintas da Medicina Veterinária: uma vertente de prática clínica de animais de companhia (1), uma parte no âmbito dos controlos oficiais de segurança alimentar (2) e finalmente uma atividade laboratorial de investigação (3).

1. Clínica de animais de companhia

O estágio em clínica de animais de companhia, decorreu na clínica Alcabidechevet com a orientação externa da Dra. Cláudia Correia, médica veterinária e diretora clínica, tendo sido subdividido em medicina interna, clínica cirúrgica e laboratório clínico (Tabela 1).

Relativamente à medicina interna a autora fez acompanhamento de consultas, procedeu ao cálculo de dosagens, administração de fármacos, discussão de casos clínicos, realização de exames físicos e execução de exames complementares, tais como radiografias, ecografias e ecocardiografias assim como monitorização dos pacientes.

No âmbito da clínica cirúrgica, a autora esteve envolvida em consultas pré-cirúrgicas, aplicação de protocolos anestésicos, observação de cirurgias e acompanhamento dos pacientes no pós-cirúrgico.

Ao nível laboratorial clínico foram realizados esfregaços de sangue, para pesquisa de hemoparasitas, citologia de ouvido para diagnóstico de otites causadas por agentes bacterianos, fúngicos ou parasitários; hemogramas e análises bioquímicas. Nas Tabelas 2 e 3 podem ser consultados os números de animais examinados e os tipos de procedimentos clínicos acompanhados pela autora durante esta parte do estágio curricular.

Tabela 1 - Resumo do estágio na área clínica de pequenos animais.

Período de Estágio	8 de abril a 21 de junho de 2024- 200 horas
Tema	A. Clínica de animais de companhia
Objetivos	Desenvolvimento, consolidação de conhecimentos e de competências práticas adquiridas ao longo do curso de Medicina Veterinária.
Tarefas	Acompanhamento de consultas, cirurgias, monitorização de pacientes internados, execução de exames de diagnóstico complementar, análises sanguíneas e bioquímicas, limpeza de boxes e passeios dos pacientes.
Local	Clínica Veterinária Alcabidechevet. Alcabideche, Cascais (Portugal).

Tabela 2 - Número de pacientes examinados durante o estágio em clínica de animais de companhia.

Mês	Gatos (<i>Felis catus</i>)	Cães (<i>Canis lupus familiaris</i>)
Abril	59	42
Maió	47	55
Junho	37	32
Total	143	129
	n=272	

Tabela 3 - Número e tipos de procedimentos acompanhados em cães e gatos durante o período de estágio.

Procedimentos	Gatos (<i>Felis Catus</i>)	Cães (<i>Canis lupus familiaris</i>)
Colocação microchip	2	4
Vacinação	24	30
Desparasitação interna/externa	24	30
Exames complementares diagnóstico	36	20
Cirurgia eletiva	8	6
Cirurgia ortopédica	3	3
Dentisteria	2	2
Análises bioquímicas	143	129
Hemograma	143	129
citologias do ouvido	6	17
Eutanásia	4	3
Necrópsia	0	1
Total	395	374

2. Controlos oficiais de segurança alimentar

O estágio desenvolvido na área dos controlos oficiais e segurança alimentar foi desenvolvida na Direção de Serviços de Alimentação e Veterinária da Região de Lisboa e Vale do Tejo (DSAVRLVT) da Direção-Geral de Alimentação e Veterinária (DGAV), mais concretamente no Núcleo de Alimentação e Veterinária (NAV) de Alcântara, no Posto de Controlo Fronteiriço (PCF) de Lisboa, sob a orientação externa do Dr. Pedro Melo, médico veterinário e coordenador do PCF de Lisboa. O estágio decorreu principalmente na Alfândega Marítima de Lisboa, nomeadamente os centros de inspeção da Liscont, no Terminal de Contentores de Alcântara, e a Sotagus, no Terminal de Contentores de Santa Apolónia, em Xabregas. Parte deste braço do estágio teve lugar também na Zona de Carga do Aeroporto Humberto Delgado, em Lisboa. No total as atividades decorreram durante os meses de julho, agosto e setembro de 2024 (Tabela 4). Realizaram-se controlos de animais de estimação na carga aérea, animais vivos para fins ornamentais de países terceiros e controlos oficiais em produtos de origem animal provenientes de países terceiros (Tabelas 5 e 6). Durante este período foram recolhidas amostras de produtos da pesca para identificação laboratorial de formas parasitárias de potencial zoonótico que serão analisadas no capítulo II.

Tabela 4 - Resumo do estágio na vertente de controlos oficiais de segurança alimentar.

Período de estágio	1 julho a 30 setembro de 2024; 400 horas
Tema	A. Controlos oficiais de segurança alimentar
Objetivos	Compreender o funcionamento de um organismo oficial da autoridade competente na manutenção da segurança alimentar dos géneros alimentícios; Adquirir experiência num ramo de atuação específico da responsabilidade dos médicos veterinários oficiais; Controlo de produtos de origem animal provenientes de países terceiros; Supervisão e fiscalização dessas importações para garantir a conformidade com as normas e regulamentos europeus de segurança alimentar.
Tarefas	Controlo documental, controlo de identidade, controlo físico de produtos de origem animal (com principal enfoque nos produtos da pesca) ; Recolha de amostras para identificação laboratorial de parasitas zoonóticos.
Local	Posto de Controlo Fronteiriço de Lisboa (Aeroporto Humberto Delgado e Porto de Lisboa), Direção-Geral de Alimentação e Veterinária (Portugal).

Tabela 5 - Número de controlos oficiais acompanhados durante o estágio curricular na Direção-Geral de Alimentação e Veterinária.

Controlos oficiais no Posto de Controlo Fronteiriço de Lisboa			
Localização	Tipo de Controlo		
	Documental	Identidade	Físico
Liscont (Terminal de Contentores de Alcântara)	705	705	123
Sotagus (Terminal de Contentores de Santa Apolónia)	50	4	4
Carga aérea (Aeroporto Humberto Delgado)	16	16	15
Total	771	725	142

Tabela 6 - Número de controlos de mercadorias por tipologia, autorizadas para o mercado interno, realizadas pela estagiária.

Controlos oficiais no Posto de Controlo Fronteiriço de Lisboa	
Tipo de mercadoria	Nº de controlos
Produtos da pesca	494
Carne fresca / Produtos cárneos	111
Produtos compostos	67
Mel	30
<i>Casings</i> (tripas)	28
Outros (embriões, sémen)	3
Não Consumo Humano NHC (<i>petfood, feedstuff</i>)	38
Total	771

3. Atividade laboratorial de investigação

Finalmente, a parte laboratorial de investigação do estágio curricular realizado na Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona (FMV-ULusófona) no âmbito do projeto de investigação em curso intitulado “*Detection of emergent zoonotic fish-borne*

parasites with interest in food safety in Portugal” financiado pela Universidade Lusófona para pesquisa, identificação e caracterização de parasitas zoonóticos em produtos da pesca (Tabela 7). Durante esta fase foram realizadas técnicas de disseção e digestão artificial de peixe para consumo humano, técnicas de sedimentação e filtração, assim como posteriormente a identificação, quantificação e análise morfométrica de formas parasitárias do género *Kudoa*, através de estereoscopia e microscopia ótica. Os procedimentos, resultados e respetiva discussão serão posteriormente abordados no corpo deste documento com maior pormenor. Com os resultados prematuros da investigação foi desenvolvida uma apresentação em formato de poster científico intitulado “Detecção e caracterização morfológica de *Kudoa* sp. em pescado de Peniche” (Anexo) apresentado no dia 5 de julho de 2024, no FMVet *Research Meetings*, III Encontro de Investigação da FMV da Universidade Lusófona.

Tabela 7 - Resumo do estágio na vertente laboratorial que decorreu na Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona.

Período de estágio	20 março a 20 junho de 2024 - 175 horas
Tema	1. Atividade laboratorial de investigação Pesquisa e identificação de parasitas zoonóticos em peixe no âmbito do projeto de investigação em curso intitulado “ <i>Detection of emergent zoonotic fish-borne parasites with interest in food safety in Portugal</i> ”.
Objetivos	Desenvolvimento de competências laboratoriais na manipulação de amostras biológicas, equipamentos e técnicas laboratoriais relativamente ao processamento de produtos da pesca.
Tarefas	Disseção e digestão artificial de peixe para consumo humano. Recolha, análise e identificação de parasitas zoonóticos.
Local	Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona (FMV-ULusófona), Campo Grande, Lisboa (Portugal).

I. Introdução

1. Pesquisa e caracterização de *Kudoa* spp. em produtos da pesca

A bacia oceânica portuguesa, localizada ao longo de toda a costa, é um ecossistema marinho que desempenha um papel crucial na biodiversidade e na economia nacional, segundo o *High Level Panel for a Sustainable Ocean Economy* (Ocean Panel, 2018) e Ferreira et al. (2022). Com uma extensão que abrange águas quentes, temperadas e frias do Atlântico até às profundas depressões submarinas, esta região sustenta uma vasta diversidade de espécies marinhas, mas também serve como recurso alimentar (Ministério do Mar, 2021).

Portugal é dos países da Europa que mais consome peixe, o que reflete não apenas uma tradição gastronómica, como também uma dependência do país em relação aos produtos da pesca. De acordo com o Instituto Nacional de Estatística (2024), o consumo de peixe per capita em Portugal ronda os 60 a 70 kg por ano, um valor que se destaca tanto ao nível europeu como ao nível mundial. Comparativamente aos países europeus em que a média de consumo ronda os 24 kg por pessoa, por ano, mostrando que os portugueses consomem cerca de três vezes mais produtos da pesca do que os restantes países da UE (INE, 2024).

O relatório anual da Direção-Geral dos Recursos Marítimos (DGRM, 2020) indicou que cerca de 60% do peixe consumido ao nível nacional teve origem em águas portuguesas, reforçando consequentemente a importância da segurança alimentar.

Duas das espécies, mais consumidas em Portugal, são o carapau (*Trachurus trachurus*) e a cavala (*Scomber scombrus*). Em 2023, segundo os dados do Instituto Nacional de Estatística (INE, 2024), foram capturadas 18.471 toneladas de carapau e 32.222 toneladas de cavala. Estas espécies são conhecidas pelo seu valor nutricional, sendo ricas em ácidos gordos essenciais que beneficiam a saúde cardiovascular (European Food Safety Authority [EFSA], 2014), além de serem ricas em proteínas e vitaminas.

Nos últimos anos, as mudanças nos hábitos alimentares, sobretudo o maior consumo de peixe cru, têm sido associadas ao surgimento de infeções entéricas em humanos. Para além das infeções, têm sido reportadas quebras significativas na produção pesqueira, com impacto económico considerável (Feist & Longshaw, 2006; Okamura et al., 2015; Whipps & Kent, 2006).

Por vezes, associados a estas problemáticas estão parasitas mixozoários (classe Myxozoa), em particular mixosporídeos da subclasse Myxosporea, que inclui aproximadamente 2500 espécies conhecidas (Bartošová-Sojková et al., 2014; Liu et al., 2019;

Okamura *et al.*, 2018). Estes parasitas infetam predominantemente os tecidos de hospedeiros vertebrados, sendo os peixes os mais afetados, embora também possam afetar anfíbios e répteis, e raramente aves e mamíferos (Bartholomew *et al.*, 2008; Feist & Longshaw, 2006; Prunescu *et al.*, 2007). Nos vertebrados os mixosporídeos, podem desenvolver-se em tecidos ou órgãos cavitários, formando plasmódios, que são estruturas unicelulares onde as formas parasitárias predominantes, os mixosporos, são produzidos. Estes últimos, são altamente resistentes às condições ambientais e são a forma parasitária infetante dos hospedeiros invertebrados, os anelídeos (Feist & Longshaw, 2006; Okamura *et al.*, 2015; Okamura *et al.*, 2018).

Atualmente, tem-se registado um aumento do interesse, em relação aos parasitas nos peixes e à forma como estes se manifestam em diversas espécies, particularmente os mixosporídeos do género *Kudoa*, que são responsáveis por perdas económicas relevantes devido à mioliquefação *post-mortem* em produtos da pesca. É importante compreender o seu ciclo biológico para tentar controlar as infeções nos hospedeiros vertebrados, diminuindo, assim, o impacto económico na indústria das pescas. Além disso, é importante conhecer o potencial zoonótico dos parasitas do género *Kudoa*, uma vez que já foram associadas infeções entéricas ao consumo de peixe cru, infetado por estes mixosporídeos (Kawai *et al.*, 2012; Shamsi & Barton, 2024; Takashima *et al.*, 2021).

1.1. Os parasitas do género *Kudoa*

1.1.1. Taxonomia

O estudo dos Myxozoa teve um grande avanço com os trabalhos pioneiros de Kudo, em 1919, que realizou uma revisão abrangente dos géneros e espécies, até então conhecidos de Myxosporidia, com base na morfologia dos esporos e outras características microscópicas. Embora, o género *Kudoa*, ainda não tivesse sido descrito nessa época, a obra de Kudo representou um marco fundamental na sistemática do grupo. Ao longo dos anos, o género passou por reclassificações significativas. Em 1947, Meglitsch estabeleceu formalmente o género *Kudoa* (Lom & Dyková, 2006; Moran *et al.*, 1999). Originalmente considerado um subgrupo de *Chloromyxum*, *Kudoa* foi reclassificado devido a diferenças observadas na morfologia dos esporos. Até ao final da década de 1990, foram identificadas 44 espécies do género *Kudoa* (Moran *et al.*, 1999). Desde então, registou-se um acréscimo de 51 novas espécies, perfazendo um total de 95 atualmente reconhecidas. Algumas dessas novas adições

resultaram da reclassificação de espécies multivalvúleas anteriormente inseridas nos géneros *Pentacapsula* (Naidenova & Zaica, 1970), *Hexacapsula* (Arai & Matsumoto, 1953) e *Septemcapsula* (Hsieh & Chen, 1984).

O avanço das técnicas moleculares tem contribuído para essas mudanças, evidenciando a necessidade de integrar dados morfológicos, moleculares e ecológicos para uma categorização mais precisa (Eiras *et al.*, 2014; Fiala, 2006; Moran *et al.*, 1999). Atualmente, o género *Kudoa* classifica-se dentro do filo Cnidaria, na classe Myxozoa, subclasse Myxosporea, ordem Multivalvulida e família Kudoidae (Lom & Dyková, 2006).

A análise das sequências de ADN ribossomal da subunidade pequena (SSU rDNA) trouxe clareza ao revelar conexões filogenéticas que não eram perceptíveis apenas pela morfologia (Moran *et al.*, 1999; Whipps *et al.*, 2004; Atkinson *et al.*, 2015).

O estudo de Hervio *et al.* (1997) demonstrou que as espécies de *Kudoa* tendem a agrupar-se mais segundo a sua localização geográfica do que pela morfologia dos esporos, sugerindo que os métodos tradicionais podem ocultar diferenças genéticas ou biológicas não visíveis à observação morfológica. Embora tenham sido feitos avanços significativos, ainda persistem desafios na classificação sistemática deste género. O ciclo de vida mantém-se pouco compreendido, o que complica estudos ecológicos e de evolução. Além disso, a diversidade do género *Kudoa* continua a crescer (Eiras *et al.*, 2014; Shamsi & Barton, 2024).

Dentro do género *Kudoa*, destacam-se algumas espécies como *Kudoa thyrsites*, *Kudoa musculoliquefaciens*, *Kudoa pleurogrammi*, *Kudoa iwatai*, *Kudoa islandica* e *Kudoa paniformis* como as mais documentadas, por serem responsáveis pela mioliquefação *post-mortem* (Burger *et al.*, 2006; Eiras *et al.*, 2014; Giullietti *et al.*, 2020; Kasai *et al.*, 2016, Kasai *et al.*, 2017; Diamant *et al.*, 2005; Kristmundsson & Freeman, 2014; Li *et al.*, 2013; Moran *et al.*, 1999). As espécies *Kudoa hexapunctata* e *Kudoa septempunctata* são notáveis por terem sido associadas a infeções zoonóticas (Shamsi & Barton, 2024; Shirakashi *et al.*, 2021; Sugita-Konishi *et al.*, 2014).

Atualmente, cerca de 120 espécies de *Kudoa* estão descritas em diferentes regiões do mundo (Abdel-Baki *et al.*, 2018; Casal *et al.*, 2019; Eiras *et al.*, 2014; Gürkanlı *et al.*, 2018; Kasai *et al.*, 2017; Li *et al.*, 2022; Monteiro *et al.*, 2019; Sakai *et al.*, 2018).

1.1.2. Ciclo biológico

O ciclo de vida dos mixozoários, parasitas do género *Kudoa*, continua a ser um enigma, apesar de muito explorado pela comunidade científica. A hipótese mais comum,

baseia-se em estudos sobre outros mixozoários, em que o ciclo apresenta dois hospedeiros, um vertebrado (peixe) e um invertebrado, um verme anelídeo aquático (oligoqueta ou poliqueta) (Shamsi & Barton, 2024). Após a morte ou decomposição de um hospedeiro vertebrado infetado, os mixosporos são libertados para o ambiente aquático, e estas formas infetantes são ingeridas por hospedeiros invertebrados, os anelídeos. Dentro do novo hospedeiro completam o seu ciclo, no epitélio intestinal (Koprivnikar & Desser, 2002). No entanto, o papel preciso dos invertebrados neste ciclo, ainda está a ser explorado (Eiras *et al.*, 2014; Radman *et al.*, 2023). Quando o hospedeiro invertebrado ingere os mixosporos, estes atingem o intestino, e após penetrar nas células epiteliais, inicia-se a infeção (Rocha *et al.*, 2019). Formam-se, então, os actinosporos, as formas infetantes para os hospedeiros vertebrados, que são posteriormente libertados no ambiente aquático, onde flutuam e podem infetar novos hospedeiros íctios (Figura 1) (Lom & Nilsen, 2003). No entanto, existem exceções, como *Kudoa ovivora* e *Kudoa azevedoi*, que aparentemente não necessitam de um hospedeiro invertebrado e podem infetar diretamente outros peixes, que se alimentam dos tecidos infetados, como os ovários (Swearer & Robertson, 1999; Mansour *et al.*, 2013).

Pensa-se que os peixes são infetados através da pele, barbatanas ou brânquias quando expostos a actinosporos, libertados pelo hospedeiro anelídeo (Atkinson *et al.*, 2019; Giulietti *et al.*, 2024a; Lom & Dyková, 2006; Rangel *et al.*, 2015; Rangel *et al.*, 2016).

A maioria das espécies de *Kudoa* tem afinidade pelo tecido muscular esquelético, onde podem formar estruturas celulares, designadas por plasmódios (Iglesías *et al.*, 2022; Monteiro *et al.*, 2019), formas multinucleadas, que se desenvolvem dentro do hospedeiro e são responsáveis por armazenar e produzir esporos (El-Matbouli *et al.*, 1992; Kallert *et al.*, 2007), podem também ser encontrados no músculo cardíaco e nos músculos lisos de diferentes peixes (Eiras *et al.*, 2014). No entanto, devido à grande diversidade de espécies dentro do género *Kudoa* e às suas capacidades em infetar diferentes tecidos, é plausível que os ciclos de vida variem entre as diferentes espécies (Shamsi & Barton, 2024). A temperatura, salinidade e a disponibilidade de hospedeiros adequados, afetam diretamente a viabilidade e transmissão dos seus esporos (Alama-Bermejo *et al.*, 2013; Vaz, 2000; Koprivnikar & Desser, 2002).

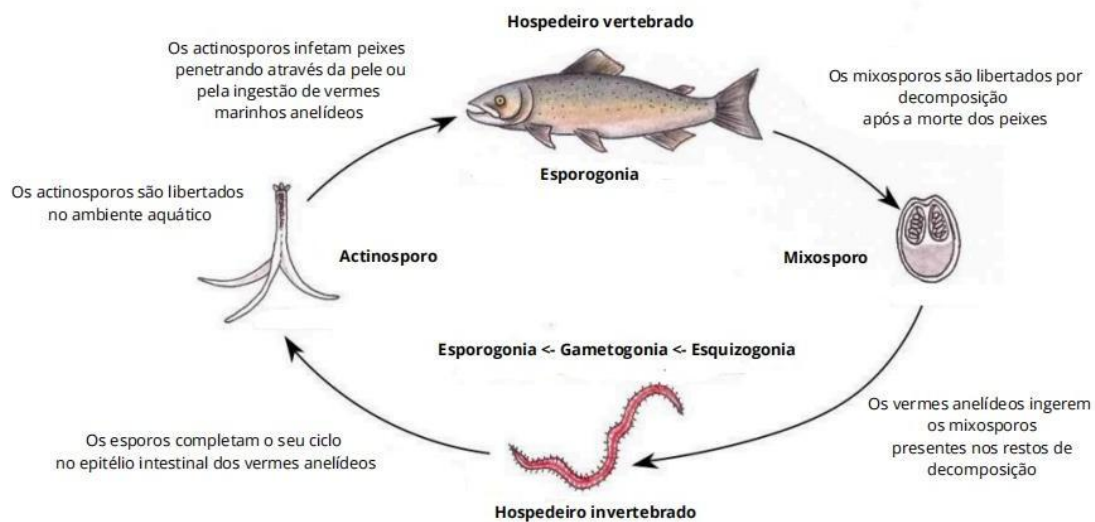


Figura 1 – Ciclo biológico do género *Kudoa*. Ilustrações adaptadas de (Radman *et al.*, 2023).

1.1.3. Distribuição geográfica

Os parasitas do género *Kudoa* foram identificados nas massas oceânicas que banham todos os continentes, com exceção da Antártica. Relatos sobre *Kudoa* spp. indicam a sua presença nas zonas marinhas e estuarinas de diversos países das Américas, incluindo Brasil, Peru, Argentina, Estados Unidos da América, México e Panamá. Além disso, estes parasitas foram encontrados nas águas que circundam a Austrália, reportados em várias nações asiáticas, como Japão, Índia, Taiwan, China, Iémen, Ilhas Filipinas e Coreia do Sul, bem como em países europeus, como França, Ucrânia e Espanha. Em África, foram registados em locais como Tunísia, Senegal, Nigéria e África do Sul. (Eiras *et al.*, 2014; Shamsi & Barton, 2024). Para além, dos ambientes aquáticos marinhos e estuarinos destes países, os parasitas do género *Kudoa* foram, ainda, encontrados em nichos ecológicos diferentes, como rios, lagoas e pântanos da Amazónia (Videira *et al.*, 2020).

A Tabela 8 apresenta uma compilação não exaustiva das espécies de *Kudoa* e onde foram reportadas as infeções íctias pela primeira vez.

Tabela 8 - Tabela de distribuição geográfica do género *Kudoa*, territórios e oceanos onde foram identificados pela primeira vez (Adaptado de Eiras *et al.*, 2014).

Países/ oceanos	Espécies de <i>Kudoa</i>
África do Sul	<i>K. thyrsites</i>
Argentina	<i>K. rosenbuschi</i>
Benim	<i>K. eleotrisi</i>
Brasil	<i>K. aequidens</i>
Canada	<i>K. paniformis</i>
China	<i>K. megacapsula, K. petala, K. pyramidalis, K. uncinata</i>
Coreia do Sul	<i>K. paralichthys, K. septempunctata</i>
Espanha	<i>K. trifolia</i>
Estados Unidos	<i>K. funduli, K. cerebralis, K. shkae</i>
França	<i>K. camarguensis, K. lunata, K. hystolytica, K. quadratum</i>
Iémen	<i>K. mirabilis</i>
Ilhas Malvinas	<i>K. ramsayi</i>
Índia	<i>K. atropi, K. bengalensis, K. chilkaensis, K. haridasae, K. sphyraeni, K. tachysurae, K. tetraspora, K. valamugili</i>
Japão	<i>K. amamiensis, K. azoni, K. cruciformum, K. intestinalis, K. iwatai, K. kenti, K. lateolabracis, K. musculiquefaciens, K. neothunni, K. ogawai, K. pericardialis, K. prunusi, K. scomberi, K. thunni, K. trachuri, K. yasunagai</i>
Mar do Norte	<i>K. kabatai</i>
Mar do Japão	<i>K. azoni, K. sebastea</i>
México	<i>K. dianae</i>
Oceano Atlântico	<i>K. cutanea (42°81'10"S, 08°06'0"O), K. insolita (plataforma continental de Portugal)</i>
Oceano Pacífico	<i>K. caudata (10°09'S, 82°22'O)</i>
Panamá	<i>K. ovivora</i>
Peru	<i>K. sciaenae, K. peruvianus</i>

Senegal	<i>K. boopsi</i>
Taiwan	<i>K. bora</i> , <i>K. Lutjanus</i>
Ucrânia	<i>K. nova</i> , <i>K. stellular</i>
Austrália	<i>K. carcharhini</i> , <i>K. chaetodoni</i> , <i>K. cheilodipteri</i> , <i>K. ciliatae</i> , <i>K. clupeidae</i> , <i>K. cookii</i> , <i>K. grammatorcyni</i> , <i>K. gunterae</i> , <i>K. hemicylli</i> , <i>K. hypoepicardialis</i> , <i>K. kenti</i> , <i>K. lemniscati</i> , <i>K. leptacanthae</i> , <i>K. lethrini</i> , <i>K. minithyrsites</i> , <i>K. monodactyli</i> , <i>K. scomberomori</i> , <i>K. thalassomi</i> , <i>K. whippsi</i>
Nova Zelândia	<i>K. sergente</i>

1.1.3.1. Caracterização da situação na Europa e especificamente em Portugal

Estudos realizados na Europa, revelaram que a condição conhecida como "*soft flesh*", causada pelo género *Kudoa*, é bastante frequente, afetando principalmente espécies de grande importância comercial, tais como as sardinhas (*Sardina pilchardus*), as cavalas (*Scomber colias*) e os carapaus (*Trachurus trachurus*) (Cavaleiro *et al.*, 2021; Campbell, 2005; Giulietti *et al.*, 2019; Giulietti *et al.*, 2024a). Em 2023, foi realizado um estudo em sardinhas, capturadas na costa atlântica, no norte de Espanha. Das 500 amostras analisadas, 27 apresentavam "*soft flesh*" originando assim uma prevalência de 5,4%, sendo mais frequente, em indivíduos de maior tamanho (Giulietti *et al.*, 2024a).

Em Portugal, Menezes *et al.* (1989) reportaram uma prevalência de 30%, por infeção de *Kudoa* spp. em sardinha (*Sardina pilchardus*), proveniente do porto de Peniche, enquanto Gilman (1995) indicou uma prevalência anual de 47,7%, no mesmo hospedeiro. O estudo de Vaz (2000), assinalou uma taxa de prevalência deste parasita de 84,7%, em carapau (*Trachurus trachurus*) adquirido num mercado da cidade do Porto. A identificação da espécie parasitária não foi possível em nenhum dos estudos analisados, sendo *Kudoa thyrsites* a principal suspeita.

Mais recentemente, foi realizado um estudo por Cavaleiro *et al.* (2021), desenvolvido no arquipélago da Madeira, onde foram examinados 250 exemplares, incluindo 30 amostras de cavala (*Scomber colias*) e 30 amostras de verdinho (*Micromesistius poutassou*). A prevalência da infeção foi de 60% e 80% respetivamente, tendo sido posteriormente identificada, molecularmente, a espécie infetante como sendo *Kudoa thyrsites*.

As infeções causadas pelo género *Kudoa*, em espécies como sardinhas e cavalas têm sido frequentemente relatadas ao longo da costa ibérica, principalmente em Espanha, onde os stocks de sardinha têm sido particularmente afetados por *K. thyrsites* (Giulietti *et al.*, 2024a).

1.1.4. Morfologia

As espécies do género *Kudoa* são reconhecidas pela morfologia distinta, que é utilizada também, na sua identificação taxonómica (Figura 2). Os esporos podem apresentar-se de variadas formas como: quadrados, estrelados, ovais, esféricos ou elipsoidais, e são cobertos por quatro ou mais válvulas que podem conter padrões ornamentais, cada uma contendo uma cápsula polar, filamentos polares (Eiras *et al.*, 2014; Gunter, Gribb, Whipps & Adlard, 2006; Iglesias *et al.*, 2022; Lom & Nilsen, 2003; Moran *et al.*, 1999) (Figura 3), dependendo da espécie, os mixosporos têm tamanhos que variam entre 10 µm e 30 µm (Lom & Nilsen, 2003).

Os esporos variam consideravelmente em tamanho e detalhes estruturais, como a presença de cápsulas polares em forma de pêra e projeções superficiais únicas tais como, apêndices semelhantes a cachos de uvas, como observados em *K. trifolia*, ilustrando a flexibilidade evolutiva presente no género (Holzer *et al.*, 2006) (Figura 4).

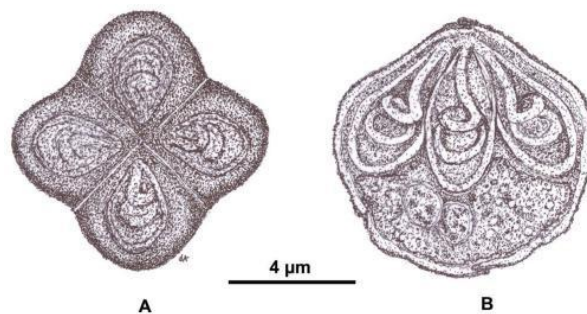


Figura 2 - Mixosporos de *Kudoa crenimugilis*, fonte: Abdel-Baki *et al.* (2018)

Legenda: A) vista apical B) vista lateral

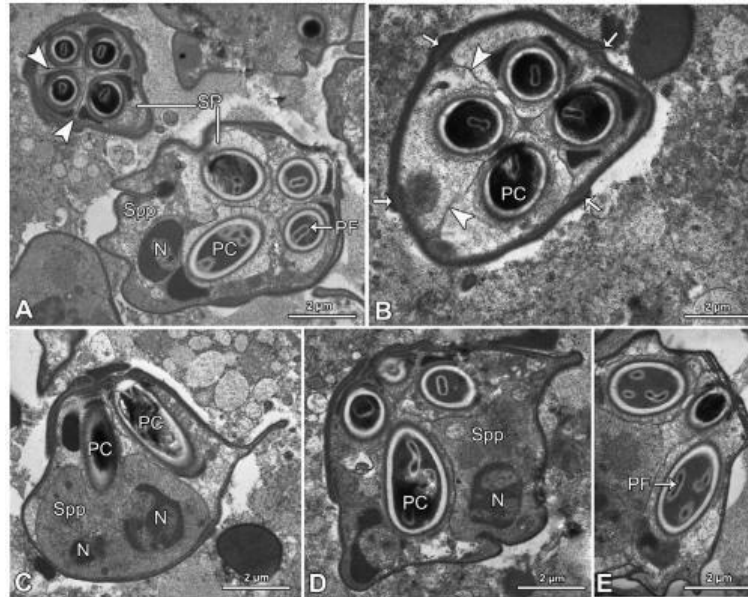


Figura 3 - Representação da ultraestrutura de *Kudoa crenimugilis* a infetar o músculo liso intestinal da tainha (*Crenimugil crenilabis*). **Legenda:** Imagens A, B - mixosporos (SP); cápsulas polares (PC); Filamento polar (PF); Esporoplasma (Spp); Núcleo (N); (setas brancas) pontos onde as válvulas se unem. Imagens C, D, E- Ultraestrutura dos mixosporos na posição lateral; cápsula polar (PC) na região apical com filamento polar (PF) e o esporoplasma de 2 células uninucleadas (N) na região posterior. Abdel-Baki *et al.* (2018)

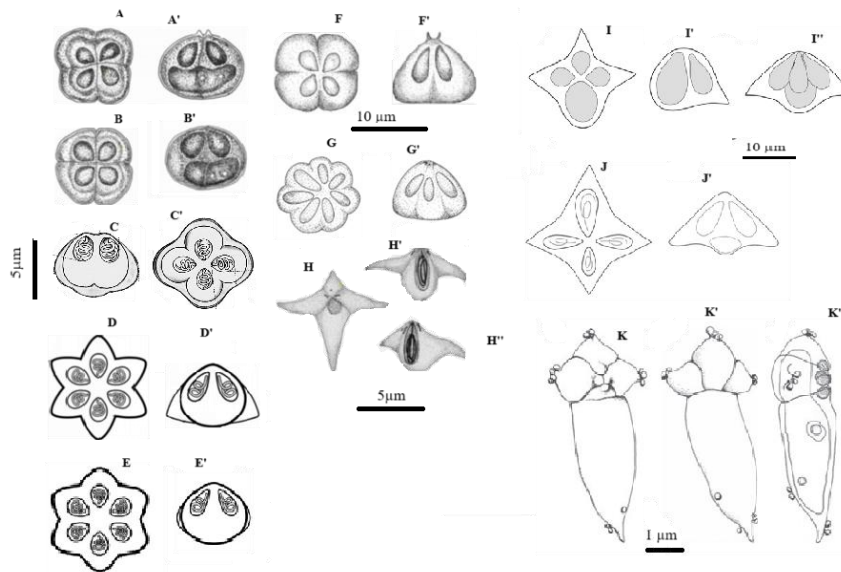


Figura 4 – Diagrama de variedade morfológica do género *Kudoa*: A) *Kudoa pleurogrammi* vista apical A') vista lateral; B) *Kudoa musculoliquefaciens* vista apical B') vista lateral.; C) *Kudoa viseuensis* vista lateral C') vista apical; D) *Kudoa neothunni* vista apical D') vista lateral; E) *Kudoa hexapunctata* vista apical, E') vista lateral; F) *Kudoa iwatai* vista apica F') vista lateral G) *Kudoa septempunctata* vista apical, G') vista lateral; H) *Kudoa megacapsula* vista frontal, H') vista transversal H'') vista longitudinal; I) *Kudoa encrasicoli* vista apical, I' I'') vistas laterais; J) *Kudoa thyrstites* vista apical; J') vista lateral; K) *Kudoa trifolia* vista apical, K') vista basal, K'') vista lateral. Adaptado de Giulietti *et al.* (2020); Holzer *et al.* (2006); Iglesias *et al.* (2022); Kasai *et al.* (2016); Li *et al.* (2022); Matsukane *et al.* (2010,2011); Monteiro *et al.* (2019); Yokoyama *et al.* (2014).

Os plasmódios são estruturas multicelulares, onde frequentemente, os esporos de *Kudoa* estão encapsulados, nos tecidos do hospedeiro (Figura 5). Formam-se através de divisão celular, desempenhando um papel crucial na reprodução intensa do parasita, levando à geração de novos esporos (Iglesías *et al.*, 2022; Monteiro *et al.*, 2019).

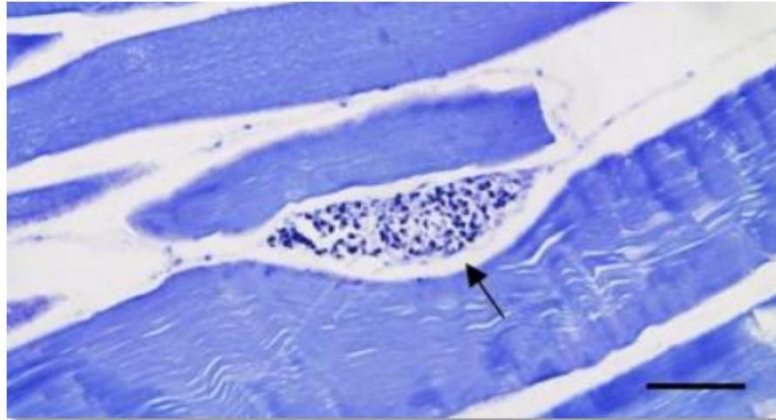


Figura 5 – Fotomicrografia de corte histológico de *Kudoa encrasicoli*;
Legenda: Seta – plasmódio, barra de escala =5 µm. Adaptado de Iglesias *et al.* (2022)

Os actinosporos (Figura 6), as formas parasitárias prevalentes no hospedeiro invertebrado, medem entre 10 µm e 20 µm. Estas estruturas possuem prolongamentos em forma de "braços" a partir do corpo principal do esporo, permitindo a infecção de hospedeiros vertebrados (Lom & Nilsen, 2003). Uma vez em contacto com o hospedeiro vertebrado, os filamentos polares dos esporos são libertados e atuam como âncoras, permitindo a fixação do esporo através das brânquias ou da pele (Atkinson *et al.*, 2019; Giulietti *et al.*, 2024a; Lom & Dyková, 2006; Rangel *et al.*, 2015; Rangel *et al.*, 2016). Segue-se a libertação dos esporoplasmas, formas vegetativas móveis que emergem dos esporos e são fundamentais no ciclo de vida dos mixosporídeos, pois iniciam a infecção ao invadir os tecidos do hospedeiro, garantindo assim a multiplicação do parasita e a continuidade do seu ciclo reprodutivo (Francisco, 2022).

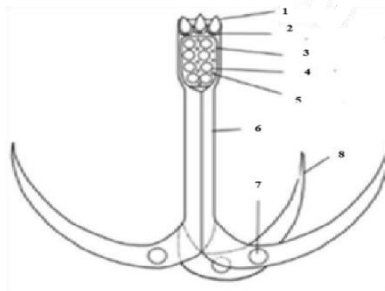


Figura 6 – Esquema de estrutura de actinósporo de um mixozoário adaptado de Kallert, (2006)
Legenda: 1) Cápsula polar ,2) Células formadoras da cápsula ,3) Esporoplasma, 4) Esporozóito, 5) Corpo polar 6) Válvula do esporo, 7) Núcleo, 8) Apêndice ou “braços”

1.1.5. Patogenia

1.1.5.1. Nos hospedeiros vertebrados

Os parasitas do género *Kudoa*, em peixes, são frequentemente associadas a infeções nos músculos esqueléticos, embora possam ocasionalmente atingir outros tecidos, como o músculo cardíaco e o sistema nervoso (Andrada *et al.*, 2005; Moran *et al.*, 1999). As infeções por mixozoários do género *Kudoa* em vertebrados caracterizam-se pela presença de diferentes formas parasitárias nas fibras musculares esqueléticas, nomeadamente plasmódios, pseudoquistos e quistos. Os plasmódios correspondem a estágios iniciais do parasita, responsáveis pela multiplicação nos tecidos antes da formação dos esporos (Lom & Dyková, 2006). Os pseudoquistos consistem em aglomerados de esporos desprovidos de parede própria, muitas vezes apenas delimitados por tecido do hospedeiro, como se observa em *Kudoa thyrssites* (Moran *et al.*, 1999). Já os quistos apresentam uma cápsula bem definida produzida pelo parasita, no interior da qual encontram-se esporos maduros (Lom & Dyková, 2006).

Os plasmódios podem desenvolver-se extensivamente, substituindo o tecido muscular normal, levando à degeneração das fibras (Andrada *et al.*, 2005; Iglesias *et al.*, 2022; Monteiro *et al.*, 2019; Vaz, 2000). Análises histológicas mostram que os tecidos infetados, podem exibir respostas imunológicas variadas por parte dos hospedeiros. Em muitos casos, especialmente, com espécies como *Kudoa islandica*, em que pode, não ser observada, uma reação inflamatória marcada, durante a fase de parasitismo, sugerindo que, o parasita pode evitar as defesas imunológicas do hospedeiro (Alarcón *et al.*, 2015; Kristmundsson & Freeman, 2014; - como já observado em pescada -do-Pacífico (*Merluccius productus*) (Andrada *et al.*, 2005; Moran *et al.*, 1999).

Kudoa thyrssites já foi identificado em 39 espécies diferentes de peixes. Este parasita, tem uma predileção pelos músculos esqueléticos, formando estruturas intracelulares chamadas pseudoquistos, que estão preenchidas com mixosporos. Os pseudoquistos podem conter diferentes estágios do desenvolvimento do parasita, incluindo células indiferenciadas, disporoblastos e esporos amadurecidos. As células indiferenciadas, são formas imaturas, ainda sem função definida, que darão origem às fases seguintes do ciclo (Lom & Dyková, 2006). Os disporoblastos representam células em diferenciação, que evoluem para esporoblastos, os quais formarão os esporos. Por fim, os esporos amadurecidos, ou mixosporos, encontram-se completamente desenvolvidos, com cápsulas polares funcionais, estando prontos para infetar

o próximo hospedeiro (Lom & Dyková, 2006; Eiras *et al.*, 2014; St-Hilaire *et al.*, 1997; Shamsi & Barton, 2024).

Kudoa musculoliquefaciens gera pseudoquistos microscópicos nas fibras musculares, em vez de quistos macroscópicos (Bolin *et al.*, 2021).

Kudoa megacapsula desenvolve-se dentro das células das miofibrilhas, formando plasmódios encapsulados. A manifestação de "quistos pretos" no músculo esquelético serve como um sinal distintivo da infecção (Yokoyama *et al.*, 2006).

Kudoa pleurogrammi foi registado nos músculos somáticos dos hospedeiros vertebrados, particularmente em *Pleurogrammus monoptyerygius*, e em *Pleurogrammus azonus*, pertencentes à ordem Perciformes, família Hexagrammidae, apresentando pseudoquistos com extremidades arredondadas (Kasai *et al.*, 2016).

Kudoa clupeiidae manifesta-se pela formação de quistos no tecido muscular dos peixes hospedeiros. Nos estágios iniciais de infecção, observa-se atrofia e necrose no endomísio, que envolve as fibras musculares individuais (Heckmann & Jensen, 1978; Friend *et al.*, 2021). *K. clupeiidae* tem sido responsável por causar lesões ulcerativas, encontradas, principalmente, na musculatura do arenque-do-Atlântico (*Clupea harengus*), na pescada-do-Pacífico (*Merluccius productus*), bem como observada em *Brevoortia tyrannus*, principalmente em ambientes da costa atlântica dos EUA, tendo impacto significativo no músculo esquelético (Reimschuessel *et al.*, 2003).

Kudoa iwatai infeta diversas espécies de peixes selvagens e de aquacultura. No Mar Vermelho, foi encontrado em espécies como o peixe-coelho (*Siganus rivulatus*) e a dourada (*Sparus aurata*). Este parasita infecta músculos, tecidos intracranianos e órgãos viscerais, indicando um tropismo notável. Apesar de amplamente disseminada, a infecção por *K. iwatai*, geralmente, apresenta baixa virulência, com sintomas clínicos raros ou inexistentes nos peixes hospedeiros. A presença deste parasita, não resulta em danos significativos nos tecidos analisados. Contudo, a presença de plasmódios encapsulados, em diversos tecidos suscitam questões acerca dos seus potenciais efeitos a longo prazo na saúde dos hospedeiros (Diamant *et al.*, 2005).

Kudoa yasunagai infeta, predominantemente, o cérebro de peixes marinhos. Após a infecção inicial no hospedeiro, o parasita avança rapidamente, levando menos de 10 dias a atingir o cérebro e forma quistos em quatro semanas (Shirakashi *et al.*, 2012). Este rápido desenvolvimento, evidencia a eficiência dos seus mecanismos de infecção, causa principalmente sintomas neurológicos, incluindo natação irregular e deformidades na coluna vertebral (Sakai *et al.*, 2019).

K. ovivora e *K. azevedoi* infetam os ovócitos, resultando na diminuição do crescimento e da capacidade reprodutiva dos peixes afetados (Swearer & Robertson, 1999; Mansour *et al.*, 2013)

Kudoa neurophila afeta sistema nervoso central do peixe. Em *Latris lineata*, pertencente à ordem Centrarchiformes e família Latridae, foi reportado que, a parasitose causou um quadro severo de meningoencefalomielite, que se difunde pelo cérebro e medula espinhal, exceto nervos periféricos. Os sinais clínicos da doença são escoliose e perda de controlo espacial (Grossel *et al.*, 2003).

1.1.5.2. Hospedeiros invertebrados

Embora a patogénese de mixozoários, do género *Kudoa*, em hospedeiros invertebrados, seja ainda pouco conhecida, a presença do parasita, provavelmente, exerce um impacto reduzido. As pesquisas sobre mixosporídeos sugerem que, a relação com os hospedeiros invertebrados, tende a ser maioritariamente comensal no epitélio intestinal (Kristmundsson & Freeman, 2014; Moran *et al.*, 1999). No entanto, é essencial intensificar as pesquisas sobre a patogenia deste género, uma vez que o conhecimento atual é bastante limitado.

1.1.6. Diagnóstico

A deteção de *Kudoa* spp. pode ser executada, tanto através de técnicas avançadas de microscopia, como ferramentas moleculares para uma análise aprofundada. A microscopia eletrónica de varrimento (SEM, do inglês *Scanning Electron Microscopy*) e a de transmissão (TEM, do inglês *Transmission Electron Microscopy*) têm sido fundamentais, para observar detalhadamente a estrutura dos esporos, mostrando pormenores, como as ligações entre as válvulas e a organização dos filamentos polares (Bolin *et al.*, 2021; Holzer *et al.*, 2006; Li *et al.*, 2022). As análises morfométricas, realizadas com programas de imagem digital, são essenciais para obter dados quantitativos que diferenciam espécies próximas (Iglesias *et al.*, 2022).

Para identificar espécies de *Kudoa*, são frequentemente utilizados métodos de reação em cadeia da polimerase (PCR do inglês *Polymerase Chain Reaction*), em combinação com observação microscópica (Ibrahim *et al.*, 2024; Shirakashi *et al.*, 2021; Yamamoto *et al.*, 2020).

O recurso a técnicas histopatológicas, permite a visualização direta de esporos nos

tecidos do hospedeiro, facilitando o diagnóstico. Além disso, descreve lesões teciduais, como degeneração e inflamação, que indicam o impacto da infecção. Por último, fornece dados sobre a prevalência das infecções (Bolin *et al.*, 2021; Casal *et al.*, 2019; Ibrahim *et al.*, 2024; Reimschuessel *et al.*, 2003).

1.1.7. Impacto económico e sanitário

A infecção dos peixes por *Kudoa* spp. resulta em consequências económicas significativas, principalmente na indústria da aquacultura. *Kudoa thyrsites* e *Kudoa paniformis* são espécies amplamente conhecidas por causarem mioliquefação, que é um processo de degradação anormal dos músculos, causado pela lise muscular, através das enzimas proteolíticas produzidas pelo parasita, que ocorre após a morte, provocando uma textura gelatinosa na musculatura dos peixes (Eiras *et al.*, 2014; Oliveira *et al.*, 2015). Esta situação, inviabiliza a comercialização do pescado, acarretando prejuízos financeiros consideráveis para os produtores (Giulietti *et al.*, 2024a; 2024b; Henning *et al.*, 2013; Kristmundsson & Freeman 2014; Kasai *et al.*, 2016; Moran *et al.*, 1999; Whipps & Diggles, 2006).

Estudos de St-Hilaire *et al.* (1997) mostraram uma ligação direta entre a carga de esporos e a textura muscular, identificando um limiar de infecção necessário, para a deterioração ser visível. Peixes com uma contagem inferior a 20×10^3 mixosporos/g no tecido, apresentaram uma textura similar à de peixes não infetados, enquanto contagens mais altas, resultaram numa autólise significativa.

O salmão-do-Atlântico (*Salmo salar*), um dos produtos mais relevantes da aquacultura, é particularmente vulnerável a infecções por *Kudoa thyrsites*. A degradação dos tecidos torna-se visível entre 38 a 56 horas após a captura, momento em que o produto pode já ter sido expedido para unidades de transformação ou diretamente para os consumidores (Henning *et al.*, 2013; Goater *et al.*, 2014; Lafferty *et al.*, 2015; Moran *et al.*, 1999)

Na África do Sul, a mioliquefação induzida por *Kudoa* tem sido registada em espécies de peixe de importância comercial, como *Thyrsites atun* (ordem Scombriformes, família Gempylidae), conhecido localmente por *snoek*, e as sardinhas sul-africanas (*Sardinops ocellatus*). O efeito económico, nestas regiões, sublinha um problema ao nível global, onde os desafios na deteção e as medidas de controlo limitadas intensificam a situação (Henning *et al.*, 2013). Da mesma forma, no Noroeste do Pacífico, as infecções na Pescada-do-Pacífico (*Merluccius productus*) resultaram em queixas significativas sobre a qualidade do peixe

(Henning *et al.*, 2013; Moran *et al.*, 1999).

A presença destes parasitas suscita preocupações quanto à confiança dos consumidores na segurança dos produtos da pesca. Devido ao seu tamanho microscópico e à sutileza dos efeitos iniciais, os peixes infetados muitas vezes não são detetados durante o processamento. A demora no aparecimento de sinais visíveis não afeta apenas a dinâmica do mercado, como também pode comprometer a integridade e a segurança da cadeia alimentar (Henning *et al.*, 2013; Vijayan *et al.*, 2010).

Os desafios associados às infeções por *Kudoa* spp. refletem problemas mais amplos na aquacultura. Condições de stress, como densidade elevada de criação, variações ambientais e qualidade de água inadequada, podem agravar as infeções parasitárias (Vijayan *et al.*, 2010). Além disso, estas infeções têm implicações ecológicas, que se estendem às populações de peixes selvagens. O facto de o ciclo de vida do parasita envolver diversos hospedeiros, incluindo invertebrados, dificulta o controlo da sua propagação. Esta situação pode comprometer a reprodução e a viabilidade dos peixes, exercendo uma pressão acrescida sobre os ecossistemas aquáticos e sobre o setor aquícola e pesqueiro (Sitjà-Bobadilla, 2009; Vijayan *et al.*, 2010).

Para mitigar os problemas associados à infeção por *Kudoa* e outros parasitas, têm sido implementados métodos como a dupla filtração e a radiação ultravioleta (UV) na água de cultivo. A dupla filtração consiste na passagem da água por dois sistemas de filtração consecutivos — geralmente mecânico e biológico — que permitem remover partículas, matéria orgânica e possíveis estágios infetantes dos parasitas. Já a radiação UV tem-se mostrado eficaz na redução da carga parasitária ao inativar organismos patogénicos presentes na água (Shamsi & Barton, 2024). Num estudo, realizado por Nishioka *et al.* (2016) em *Paralichthys olivaceus*, mostrou que radiação UV foi eficaz no controlo da infeção por *K. septempunctata*, no entanto os autores sugerem que seja realizada uma pré-filtração da água, pois a eficácia dos raios UV, depende, também, da sua transparência. Uma monitorização sistemática do peixe, tanto importado quanto cultivado, é vital para reduzir o risco de surtos (Shamsi & Barton, 2024; Shirakashi *et al.*, 2021).

1.1.8. Toxinfecção alimentar em humanos

As doenças de origem alimentar são um desafio para a Saúde Pública à escala global, com destaque para os produtos da pesca, que frequentemente estão envolvidos em surtos. Dentro do espectro das infeções alimentares, os parasitas do género *Kudoa* têm emergido como uma preocupação relevante. Este género tem despertado interesse, particularmente

devido a casos de intoxicação alimentar em humanos, sendo mais notórios no Japão e na Coreia, onde se registaram 11 surtos confirmados associados a *Kudoa septempunctata* entre 2013 e 2015 na Coreia (Lee *et al.*, 2017) e média anual estimada de 40 surtos no Japão, afetando mais de 450 pessoas (Ahn *et al.*, 2021). Adicionalmente foi descrito um surto isolado por *Kudoa hexapunctata*, que afetou cerca de 10 pessoas após consumo de atum contaminado (Takashima *et al.*, 2021).

A patogenicidade de *Kudoa* é atribuída, principalmente, à ação dos mixosporos que conseguem invadir a mucosa do trato gastrointestinal humano. Estudos em modelos de células intestinais humanas, como as células Caco-2, revelaram que os esporos de *K. septempunctata* podem diminuir a resistência elétrica transepitelial (TER, do inglês *transepithelial electrical resistance*), promovendo uma maior permeabilidade intestinal (Ohnishi *et al.*, 2013; Yamamoto *et al.*, 2020). Esta alteração é causada pela libertação de esporoplasmas, formas vegetativas, que se infiltram nas células epiteliais, provocando danos nos tecidos locais. A resposta inflamatória a essa infecção inclui um aumento na expressão de citocinas, como a interleucina-8 (IL-8), levando a sintomatologia gastrointestinal (Shamsi & Barton, 2024; Yamamoto *et al.*, 2020). A ingestão de esporos de *Kudoa spp.* pode desencadear a libertação de serotonina no trato gastrointestinal, aumentando a motilidade intestinal e levando a episódios de diarreia ou vômito. Esta resposta está associada a uma intoxicação alimentar parasitária, dado que os esporos não colonizam nem invadem os tecidos humanos (Kawai *et al.*, 2012; Shamsi & Barton, 2024).

Embora a maioria das espécies de *Kudoa* seja considerada inofensiva, as infecções atribuídas a *Kudoa septempunctata* tendem a ser transitórias e manifestam-se com sintomas comuns como náuseas, dor abdominal, vômitos e diarreia, que geralmente aparecem entre 2 a 20 horas, após a ingestão de peixe cru (Kawai *et al.*, 2012; Shamsi & Barton, 2024; Takashima *et al.*, 2021). Da mesma forma, infecções por *Kudoa hexapunctata* causam episódios agudos gastrointestinais, com diarreia e náuseas que surgem normalmente entre 2 a 12 horas após a refeição, podendo também incluir febre ligeira e dor abdominal (Shamsi & Barton, 2024).

Estas infecções acontecem após o consumo de peixe cru ou insuficientemente cozinhado, como *Paralichthys olivaceus* e o atum-rabilho-do-pacífico (*Thunnus orientalis*), que são alimentos fundamentais na gastronomia japonesa e coreana (Shamsi & Barton, 2024; Shirakashi *et al.*, 2021; Sugita-Konishi *et al.*, 2014; Tachibana & Watari, 2021).

Investigações epidemiológicas indicaram uma tendência sazonal, com a maior parte dos casos a ocorrer no final do verão, o que pode estar ligado a fatores ambientais, que afetam a prevalência do parasita nos peixes (Kawai *et al.*, 2012; Shamsi & Barton, 2024). Apesar de os casos serem predominantemente documentados na Ásia Oriental, é possível que a prevalência global, das intoxicações alimentares causadas por *Kudoa* esteja subestimada, devido ao subdiagnóstico ou a diagnósticos incorretos (Shamsi & Barton, 2024).

Apesar dos progressos alcançados, persistem desafios significativos na compreensão e gestão das intoxicações alimentares causadas por *Kudoa*. O ciclo de vida das diferentes espécies de *Kudoa* é ainda pouco claro, o que dificulta a implementação de estratégias eficazes para parar a sua disseminação (Shamsi & Barton, 2024; Shirakashi *et al.*, 2021). A possibilidade de que outras espécies de *Kudoa* possam causar infeções em humanos, requer investigação adicional (Shamsi & Barton, 2024).

1.2. Hospedeiros íctios

Tal como referido no capítulo anterior, existe uma grande variedade de hospedeiros íctios marinhos e de água doce que podem ser infetados por mixozoários do género *Kudoa*. Estes parasitas têm sido descritos, tanto em peixes selvagens provenientes da pesca extrativa, como em exemplares criados em aquacultura. Neste capítulo será apresentada a pesquisa bibliográfica compilada, de algumas espécies de peixes com relevo económico e alimentar relevantes para a atividade experimental posteriormente abordada nesta dissertação.

1.2.1. Género *Trachurus*

Os peixes do género *Trachurus*, ou carapaus, pertencentes à ordem Perciformes e família Carangidae, são popularmente consumidos em Portugal.

1.2.1.1. Carapau-branco (*Trachurus trachurus*)

O carapau-branco (*Trachurus trachurus*), também conhecido simplesmente apenas pela designação de carapau é dos peixes mais capturados em Portugal, em 2023 foram capturadas 18.471 toneladas (INE,2024). Todo o carapau-branco capturado em águas territoriais portuguesas pertence ao “stock sul” (Divisão 9.a Conselho Internacional para a Exploração do Mar) que está distribuído do Cabo Finisterra ao estreito de Gibraltar (Costa *et al.*, 2022). Morfologicamente, esta espécie caracteriza-se por um corpo alongado e comprido,

duas barbatanas dorsais, uma linha lateral composta por escamas duras (33 a 45 escamadas) e escudetes (31 a 39 escudetes) (Carpenter & De Angelis, 2016), com uma inflexão muito marcada ao nível dos espinhos anais. Linha lateral acessória terminando entre o 19º e 31º raios moles da segunda barbatana dorsal. Apresenta coloração cinzenta-esverdeada ou azulada no dorso com flancos e ventre prateados (Martins & Carneiro, 2018) (Figura 7).

O carapau-branco distribui-se pelo Mediterrâneo e pelas águas temperadas e tropicais do Atlântico Este, desde a Noruega até à África do Sul (Rumolo *et al.*, 2017). Inicialmente, esta espécie é pelágica, formando densos cardumes, mas, à medida que os indivíduos crescem, tende a deslocar-se para águas mais profundas, podendo ser encontrados a baixas profundidades até 400 metros na plataforma e no talude continental (Instituto Português do Mar e da Atmosfera [IPMA], n.d.).

O carapau possui áreas distintas para desova, alimentação e invernção, e a sua migração é influenciada pela temperatura da água e pela disponibilidade de alimento (Abaunza *et al.*, 2003; Lavín *et al.*, 2007). A época de desova, do carapau, ao longo da costa portuguesa é prolongada, podendo durar até 8 meses, com um pico de desova entre dezembro e março (Lavín *et al.*, 2007). Durante este período, a sua atividade alimentar diminui, enquanto o pico de atividade alimentar ocorre no verão (Cabral & Murta, 2002).

No que concerne, à classificação de perigo de extinção, *Trachurus trachurus* não está listado como espécie ameaçada. No entanto, a sua conservação depende da gestão das atividades pesqueiras, na qual o tamanho mínimo de captura é de 150 mm (Portaria n.º 255/2022; Regulamento (UE) 2019/1241, na redação atual; Regulamento (UE) 2025/202).



Figura 7 – Carapau ou caparau-branco (*Trachurus trachurus*). Adaptado de Docapesca (2020)

1.2.1.2. Carapau - chileno (*Trachurus murphyi*)

O carapau-chileno, cientificamente designado como *Trachurus murphyi*, caracteriza-se por uma longa expectativa de vida, que pode atingir aproximadamente 15 anos, e pela maturidade sexual em torno de 30 cm (Konchina, 1980). Morfologicamente possui um corpo alongado, ligeiramente achatado e apresenta 9 espinhos (raios duros) e 31 a 35 raios moles nas barbatanas dorsais e 3 espinhos e 27 a 29 raios moles na barbatana anal. O ramo inferior

do primeiro arco branquial contém de 42 a 45 branquispinhas. A cintura escapular apresenta um pequeno sulco, sem papilas e a linha lateral é completamente escamada, formando grandes placas na parte posterior. A coloração varia de azul metálico ou cinza-escuro na parte superior a branco-prateado na parte inferior, e o bordo dorsal do opérculo possui uma mancha preta. As barbatanas são escuras, e a barbatana peitoral é longa e encurvada (Jiménez & Béares, 2004) (Figura 8).

A distribuição geográfica de *T. murphyi* abrange as águas subtropicais do Oceano Pacífico, estendendo-se desde a costa da América do Sul até regiões mais ao sul, como a Nova Zelândia e a Austrália. Adicionalmente, essa espécie é ocasionalmente observada nas áreas subtropicais dos oceanos Índico e Atlântico (Serra, 1991; Grechina, 1998; Riede, 2004). Em relação à desova, estudos demonstram que *T. murphyi* possui uma considerável flexibilidade nas áreas de reprodução, com evidências da existência de múltiplas zonas de desova, dependendo das condições ambientais e da abundância de peixes adultos (Ashford *et al.*, 2011).

A estrutura populacional é bastante complexa. Algumas teorias, sugerem que podem existir até quatro grupos diferentes — incluindo um no Chile, outro no Peru e um terceiro no Pacífico central. No entanto, pesquisas genéticas indicam que, na verdade, há uma única população genética no Oceano Pacífico (Poulin *et al.*, 2004; Cardenas *et al.*, 2009).

No que se refere às capturas, destaca-se como uma das espécies pesqueiras mais significativas do mundo. No contexto da União Europeia, as capturas permitidas para o carapau-chileno totalizam 92.558,00 toneladas, segundo o Regulamento (UE) 2025/202, divididas entre países como a Alemanha, os Países Baixos, a Lituânia e a Polónia, que têm autorização para pescar esta espécie nas águas da Organização Regional de Gestão das Pescas do Pacífico Sul (SPRFMO, do inglês *South Pacific Regional Fisheries Management Organisation*). Segundo a Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, do inglês *International Union for Conservation of Nature*), o seu estatuto de conservação está classificado como Dados Insuficientes (DD, do inglês *Data Deficient*), o que indica que não existem informações adequadas para avaliar o risco de extinção da espécie (IUCN, 2024).



Figura 8 – Carapau chileno (*Trachurus murphyi*). (FAO, 2025)

1.2.2. Cavala (*Scomber colias*)

A cavala (*Scomber colias*) da mesma forma que o carapau-branco, tem uma grande importância na indústria pesqueira em Portugal, no ano 2023 foram capturadas 32.222 toneladas (INE, 2024). É um peixe pertencente à ordem Scombriformes, família Scombridae. Apresenta um corpo fusiforme e a primeira barbatana dorsal exibe 8 a 10 raios espinhosos, havendo um espaçamento entre as duas barbatanas dorsais, igual ao comprimento da base da primeira dorsal. A sua coloração é esverdeada dorsalmente e possui na parte inferior dos flancos e ventre numerosas e pequenas manchas escuras (Martins & Carneiro, 2018) (Figura 9).

A migração e a distribuição da cavala estão intimamente ligadas à disponibilidade de alimento e às diferentes fases do seu ciclo de vida. Estudos indicam que, esta espécie pode ser encontrada a profundidades que vão até 300 e 550 metros (Kiparissis *et al.*, 2000; Cikeš Keč & Zorica, 2012; Martins & Cardador, 1996), abrangendo toda a plataforma continental e o talude superior, bem como áreas de montes submarinos (Martins *et al.*, 2013). Durante a época de desova, os adultos migram das águas mais frias e profundas do talude superior e da plataforma continental para zonas costeiras mais quentes e temperadas, onde a temperatura e a disponibilidade de alimento, como fitoplâncton e microzooplâncton, favorecem a sobrevivência e o desenvolvimento das larvas (Hunter & Kimbell, 1980). Após atingirem a primeira maturação, os juvenis acompanham os adultos, que finalizaram a reprodução em direção às áreas de alimentação nas águas profundas do talude superior e da plataforma continental. Estas zonas servem como locais de alimentação e recuperação pós-desova, para indivíduos em estágios mais avançados do ciclo de vida, onde há uma maior oferta de macrozooplâncton e peixes adultos como fonte de alimento (Perrota *et al.*, 2001; Carvalho *et al.*, 2002).

Relativamente à sua classificação, quanto ao perigo de extinção também não é considerada uma espécie ameaçada. No entanto, da mesma forma que no carapau (*Trachurus trachurus*), as atividades pesqueiras, devem cumprir com o regulamento na qual o tamanho mínimo de captura é de 200 mm (Portaria n.º 255/2022; Regulamento (UE) 2019/1241, na redação atual; Regulamento (UE) 2025/202) e salvaguardando a sobrepesca e outros impactos que afetam as populações de peixes.



Figura 9 – Cavala (*Scomber colias*). Adaptado de Docapesca (2023)

1.2.3. Pargo-sêmola (*Pagrus auriga*)

O pargo-sêmola (*Pagrus auriga*), também conhecido como pargo-de-riscas, pertence à ordem *Perciformes* e à família *Sparidae* (Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos [DGRM], 2019). Apresenta um perfil cefálico retilíneo, com uma ligeira saliência na região ocular (Docapesca, 2020). A sua coloração é rosada, com reflexos prateados e quatro a cinco bandas transversais de cor vermelho-escuro alternadamente largas e estreitas. A barbatana dorsal apresenta 11 espinhos e entre 10 a 12 raios moles, sendo que os dois primeiros espinhos são bastante curtos, enquanto que do terceiro ao quinto são muito longos e filamentosos, especialmente nos indivíduos jovens. A barbatana anal possui 3 espinhos e 8 ou 9 raios moles (Carpenter & Angelis, 2016).

Os adultos têm uma cor mais “vinho tinto”, com as faixas menos visíveis. A cabeça é escura entre a nuca e o canto da boca, e o bordo posterior do opérculo é escura. Os flancos apresentam pintas pretas dispersas (Fishbase, 2019; Martins & Carneiro 2018) (Figura 10).

Esta espécie vive, geralmente, em águas costeiras, junto a fundos rochosos, até aos 170 m de profundidade, enquanto os juvenis mais frequentemente junto à costa. Encontram-se no Atlântico oriental, entre norte de Portugal, Madeira, ilhas Canárias e Estreito de Gibraltar até Angola. A captura desta espécie é realizada, geralmente, através das artes de pesca do palangre, das redes de arrasto e de emalhar (Docapesca, 2020). Em 2022, foram capturadas 32.711 toneladas ao nível global (FAO, 2025)

Relativamente ao seu estatuto de conservação, encontra-se classificado como Pouco Preocupante (LC, do inglês *Least Concern*) na Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2024).



Figura 10 – Pargo-sêmola (*Pragus auriga*). Adaptado de Arias (1998)

1.2.4. Garoupa - legítima (*Epinephelus aeneus*)

A garoupa-legítima (*Epinephelus aeneus*), pertencente à ordem Perciformes e à família Epinephelidae. Apresenta uma ampla distribuição geográfica, ocorrendo frequentemente, ao longo do sul do Mar Mediterrâneo e nas costas atlânticas, de países como Portugal, Espanha e ao longo do continente africano, estendendo-se até o sul de Angola (Heemstra & Randall, 1993; Pollard *et al.*, 2018). Desde a década de 1990, foram registados os primeiros eventos de garoupa-legítima no Mar Adriático e, mais recentemente, no Mar Mediterrâneo Noroeste. Esses registos sugerem uma possível expansão geográfica da espécie para o norte, atribuída ao aquecimento das águas (Glamuzina *et al.*, 2000; Riutort, 2012).

Morfologicamente é um peixe caracterizado por um corpo alongado e pela presença de três espinhos no opérculo. A barbatana caudal apresenta uma forma arredondada. A coloração do corpo varia entre verdes acinzentados, com bandas escuras, que podem ser mais ou menos distintas. Apresenta três linhas oblíquas que percorrem os lados da cabeça. Esta espécie pode atingir comprimentos de até 1 metro (Martins & Carneiro, 2018) (Figura 11).

Em termos reprodutivos, *Epinephelus aeneus*, ocorre principalmente no verão, entre junho e agosto (Bruslé & Bruslé, 1975, 1976; Bouain & Siau, 1983; Gökçe *et al.*, 2003). Foram relatadas agregações de desova de *E. aeneus* ao largo do Senegal, baseadas em indicadores indiretos como migrações massivas e comportamento de agregação (Luckhurst, 2009).

Em 2022, foram capturadas, a nível mundial, 6.697.543 toneladas de garoupa-legítima (*Epinephelus aeneus*) (FAO, 2025). A captura desta espécie tem gerado grande preocupação, uma vez que é amplamente explorada no sul e leste do Mar Mediterrâneo, bem como ao longo da costa atlântica de África, onde é considerada sobre-explorada (Gascuel & Ménard, 1997; Thiao *et al.*, 2012). As medidas de conservação atualmente em vigor — como a imposição de tamanhos mínimos de captura e restrições ao uso de determinados tipos de artes de pesca — têm sido consideradas insuficientes, principalmente devido à falta de fiscalização eficaz em muitos países (Thiao *et al.*, 2012; Pollard *et al.*, 2018). Como consequência, a garoupa-legítima encontra-se classificada como Quase Ameaçada (NT, do inglês *Near Threatened*) na Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2018).



Figura 11 – Garoupa - legítima (*Epinephelus aeneus*). Adaptado de Arias (2002)

1.3. Controlos oficiais

A Direção-Geral de Alimentação e Veterinária (DGAV) é um serviço público tutelado pelo Estado Português que exerce as funções de autoridade sanitária veterinária e fitossanitária nacional, bem como de autoridade responsável pela segurança alimentar, conforme estabelecido pelo Decreto Regulamentar n.º 31/2012, de 13 de março. Compete a esta entidade assegurar a realização dos controlos oficiais em Portugal, ou seja, das atividades e procedimentos destinados a garantir a segurança alimentar, a saúde animal e a proteção fitossanitária. Parte destes controlos visa verificar a conformidade com as normas legais e regulamentares aplicáveis à produção, transformação e comercialização de géneros alimentícios de origem animal, nos termos do Regulamento (UE) 2017/625, relativo aos controlos oficiais ao longo da cadeia agroalimentar. Estes controlos são executados por médicos veterinários oficiais sob a alçada da autoridade competente, a DGAV.

Os procedimentos de inspeção dos produtos da pesca são fundamentais para garantir a segurança alimentar dos produtos de origem aquática em conformidade com a legislação comunitária e nacional. Estes controlos podem ocorrer em vários momentos, desde a produção até à colocação no mercado, mas os mais relevantes ocorrem em dois momentos principais: durante a primeira venda nas lotas e durante a importação nos Postos de Controlo Fronteiriços.

1.3.1. Primeira venda de produtos da pesca - Lota

Em Portugal, os produtos da pesca de origem selvagem provenientes da produção primária, de capturas em águas nacionais por embarcações de pesca nacionais, têm de ser primeiramente descarregados e controlados em lotas. Estes estabelecimentos em terra são geridos no continente pela Docapesca Portos e Lotas S.A., empresa de capitais públicos, e nas regiões autónomas da Madeira e Açores diretamente pelos respetivos governos regionais. Na lota, os produtos da pesca podem apresentar-se inteiros, descabeçados ou eviscerados e são rececionados, separados por espécie e tamanho e é feita a sua primeira venda. É também nesta

altura que os produtos da pesca deverão ser sujeitos a inspeção higio-sanitária de acordo com o Regulamento (UE) 2017/625. De acordo com esta peça legislativa devem ser assegurados os seguintes requisitos: exames organoléticos, quantificação e avaliação de indicadores de frescura, medição do teor de histamina e dos níveis de contaminantes como os metais pesados, avaliação microbiológica, avaliação de biotoxinas marinhas, identificação e reprovação de espécies venenosas proibidas e pesquisa e controlo de parasitas. Os produtos da pesca deverão ser declarados impróprios para consumo humano pelos veterinários oficiais sempre que os controlos anteriores demonstrarem perigo para a saúde dos consumidores ou quando a autoridade competente entender que esses produtos podem representar um perigo para a Saúde Pública ou animal ou que são por quaisquer outros motivos impróprios para consumo humano. Nestes casos deverão ser encaminhados para subprodutos de acordo com o estipulado pelo Regulamento (CE) n.º 1069/2009. Todos os resultados são documentados para garantir a rastreabilidade. No que diz respeito ao controlo parasitário, o Regulamento (CE) n.º 2074/2005 define que um "parasita visível" é um parasita ou grupo de parasitas que apresentam dimensões, cor ou textura claramente distinguíveis dos tecidos dos peixes. Assim, os operadores das empresas do setor alimentar devem garantir que os produtos da pesca foram submetidos a uma inspeção visual antes de serem colocados no mercado. Não é permitido colocar no mercado para consumo humano produtos da pesca que estejam claramente contaminados por parasitas, em conformidade com o Regulamento (CE) n.º 853/2004.

1.3.2. Posto de Controlo Fronteiriço (PCF)

Um Posto de Controlo Fronteiriço (PCF) é definido como um local e as instalações que permitem realizar controlos oficiais sobre remessas de animais e mercadorias que entram na União Europeia (Regulamento (UE) 2017/625). Esses postos são designados pelos Estados-Membros com base num conjunto de requisitos mínimos estipulados pelo Regulamento de Execução (UE) 2019/1014 da Comissão, de 12 de junho. Este regulamento define regras detalhadas sobre os requisitos necessários para os PCF, incluindo centros de inspeção, assim como os formatos, categorias e abreviaturas a serem utilizadas nas listas de controle. Antes de uma remessa entrar na União Europeia, deve ser apresentada num PCF adequado para o tipo de animais ou mercadorias, assegurando que este atenda aos requisitos exigidos para a sua aprovação. Por exemplo, existem PCF distintos para o controlo de produtos alimentares de origem não animal e para o controlo de animais e produtos de origem animal.

O Regulamento de Execução (UE) 2019/2007 da Comissão, de 18 de novembro, estabelece as categorias de animais e mercadorias que devem ser apresentadas para os controlos oficiais nos PCF, incluindo os códigos correspondentes da Nomenclatura Combinada (NC). Esta nomenclatura serve como um sistema de classificação de mercadorias que atende às exigências da pauta aduaneira comum, estatísticas de comércio externo da União Europeia e outras políticas de importação e exportação (Regulamento (CEE) 2658/87 do Conselho, de 23 de julho). A NC é uma extensão do Sistema Harmonizado de Nomenclatura da Organização Mundial das Alfândegas, adaptada às especificidades da União Europeia (CE,n.d.-a).

Os controlos oficiais que ocorrem nos PCF englobam a verificação documental e de identidade de todas as remessas, além de inspeções físicas realizadas com uma frequência estabelecida, dependendo da natureza da remessa (Regulamento (UE) 2017/625, de 15 de março). As remessas apresentadas aos Postos de Controlo Fronteiriços (PCF) para controlo oficial devem ser acompanhadas por um Documento Sanitário Comum de Entrada (DSCE). Este documento é essencial, pois permite ao operador responsável pela remessa notificar antecipadamente a sua chegada ao PCF. Além disso, as autoridades competentes utilizam o DSCE para registar os resultados dos controlos realizados e as decisões tomadas. A utilização deste documento assegura a colaboração e o intercâmbio de informações entre as autoridades competentes e aduaneiras, evitando incoerências e repetição de controlos. Esta prática garante que as remessas sejam devidamente verificadas, conforme estipulado no Regulamento (UE) 2017/625, de 15 de março.

De acordo com o artigo 11º do Regulamento (CE) 178/2002 do Parlamento Europeu e do Conselho, os mesmos requisitos sanitários, de higiene e de bem-estar animal aplicáveis aos animais e mercadorias da União Europeia também se estendem aos que provêm de países terceiros. Para garantir essa conformidade, certos animais ou mercadorias devem ser acompanhados de um certificado oficial, assinado por um certificador, para que possam ser comercializados ou circular no mercado europeu. Existem diversos modelos de certificados oficiais, conforme estipulado na legislação europeia, e cada remessa deve ser acompanhada pelo certificado que corresponde às suas características específicas. Esses certificados contêm garantias sobre o cumprimento dos requisitos, que variam dependendo do uso do produto ou

do animal. A emissão desses certificados é regida por normas que definem as responsabilidades das autoridades competentes e dos certificadores, além de especificar as características necessárias para assegurar a sua confiabilidade, conforme estabelecido no Regulamento (UE) 2017/625, de 15 de março.

O conhecimento de embarque (*bill of lading*, em inglês) é um documento essencial no comércio internacional, especialmente em operações de carga marítima. Trata-se de um contrato emitido por um transportador ou por um agente responsável, confirmando a recepção da mercadoria a ser expedida (CE,n.d.-b). Este documento fornece informações cruciais sobre as mercadorias em trânsito, incluindo a origem da remessa e o destino final. É necessário incluir detalhes como: o porto de carga e o porto de descarga, a embarcação e o número da viagem, marcas e números designados nas remessas ou números dos contentores, bem como a descrição dos produtos e suas quantidades, incluindo peso.

No contexto do controlo oficial veterinário, o conhecimento de embarque é de grande relevância, pois permite rastrear a data de carregamento da remessa, o percurso realizado pelo contentor e verificar quais mercadorias foram declaradas pelo importador.

Os controlos veterinários referem-se às inspeções oficiais realizadas em PCF sobre remessas que incluem produtos de origem animal, animais vivos, alimentos para animais, subprodutos de origem animal e produtos germinais que chegam à União Europeia. O processo começa com a notificação da remessa no Sistema Veterinário Integrado de Comunicação e Controlo de Importações e Exportações (TRACES, sigla do inglês *Trade Control and Expert System*) e finaliza com a decisão sobre a aceitação ou rejeição da remessa pelo veterinário responsável.

As regras detalhadas que orientam as operações a serem realizadas durante e após os controlos, incluindo os controlos documentais, de identidade e físicos, estão definidas no Regulamento de Execução (UE) 2019/2130 da Comissão, datado de 25 de novembro. Todos os envios devem passar por controlos documentais e de identidade, conforme estipulado no Regulamento (UE) 2017/625, de 15 de março. As taxas de frequência aplicáveis aos controlos físicos são regulamentadas pelo Regulamento de Execução (UE) 2019/2129 da Comissão, também de 25 de novembro, que estabelece normas para a aplicação uniforme destas taxas em relação aos controlos de identidade e físicos de determinadas remessas de animais e produtos que entram na União Europeia.

1.3.2.1. Controlo Documental

O controlo documental refere-se à verificação da conformidade dos certificados e demais documentos que acompanham as remessas de produtos de origem animal e alimentos para animais que chegam à União Europeia. Esta verificação, conforme estipulado no Artigo 2º do Regulamento de Execução (UE) 2019/2130 da Comissão, de 25 de novembro, assegura que todos os requisitos sanitários, de higiene e de bem-estar animal são respeitados. Os documentos analisados incluem o DSCE, onde se verifica se as informações que devem estar em conformidade com os certificados oficiais e outros atestados. Além disso, o DSCE é preenchido pelo operador responsável pela remessa, que deve garantir que os dados são consistentes com a legislação vigente. O Regulamento (UE) 2017/625, de 15 de março, também define que esses controlos documentais e de identidade são obrigatórios para todas as remessas.

1.3.2.2. Controlo de Identidade

O controlo de identidade é realizado após a verificação dos documentos e antes do controlo físico das remessas. Este procedimento é fundamental para assegurar que haja correspondência, através de uma inspeção visual, entre as mercadorias e os certificados e documentos relevantes apresentados. Durante o controlo, a autoridade competente verifica diversos aspetos, incluindo a identificação do meio de transporte, a condição dos selos, a descrição do conteúdo das remessas, a quantidade, assim como os carimbos, lotes e marcas ou códigos de identificação.

No caso específico dos produtos de origem animal, o controlo de identidade também envolve a confirmação da presença e da conformidade dos carimbos, etiquetas e/ou marcas sanitárias que identificam o estabelecimento de origem e o país de procedência. As diretrizes detalhadas que regulamentam os procedimentos do controlo de identidade estão definidas no Artigo 3º do Regulamento de Execução (UE) 2019/2130 da Comissão, datado de 25 de novembro.

1.3.2.3. Controlo Físico

O controlo físico envolve a inspeção direta dos produtos e pode incluir a medição da temperatura e a recolha de amostras para análises laboratoriais. Neste processo, a autoridade competente verifica se as condições de transporte garantiram a adequada conservação das

mercadorias, considerando o propósito a que se destinam. É essencial assegurar que o intervalo de temperaturas exigido durante o transporte foi mantido, sem interrupções na cadeia de frio. Além disso, a integridade do material de embalagem deve ser avaliada. Aqui, também é confirmada a validade de consumo indicada no rótulo, além de verificar que as propriedades físicas dos produtos, como odor, cor, consistência e sabor, permanecem inalteradas durante o transporte, utilizando avaliações sensoriais. Podem ser realizados testes físicos ou químicos simples, incluindo cortes, descongelação ou cozedura das mercadorias, além de análises laboratoriais. As normas que regulam os procedimentos do controlo físico estão detalhadas no Artigo 4º do Regulamento de Execução (UE) 2019/2130 da Comissão, de 25 de novembro.

1.3.2.4. Controlo Analítico

No âmbito do controlo físico, podem ser realizadas análises laboratoriais para detetar ou quantificar agentes patogénicos, contaminantes, resíduos e outras substâncias que possam representar riscos à Saúde Pública e Animal. Essas análises devem seguir os Planos Nacionais de Monitorização de cada Estado-Membro (EM), especialmente em situações em que há suspeitas de não conformidade das remessas ou quando se aplicam regimes especiais de controlo, como o caso dos controlos intensificados e medidas de salvaguarda. O Controlo Intensificado é uma medida de inspeção reforçada aplicada a produtos importados de países terceiros, conforme definido pelo Regulamento (UE) 2017/625. Esta abordagem, anterior aos Controlos Oficiais Reforçados, ocorre quando as autoridades notificam a Comissão Europeia sobre infrações relacionadas com a origem e categorias das mercadorias. As Medidas de Salvaguarda são ações de emergência adotadas pela legislação europeia, conforme o Regulamento (CE) 178/2002, sempre que produtos alimentícios importados de países terceiros apresentem risco grave à saúde humana, animal ou ao meio ambiente. Essas medidas, que têm efeito imediato, incluem, por exemplo, a suspensão das importações e controlo analítico reforçado.

Caso seja necessária a colheita de amostras para análise, os métodos aplicados devem estar em conformidade com as diretivas da União Europeia. As amostras devem ser recolhidas, manuseadas e rotuladas de modo a garantir a sua validade jurídica, científica e técnica, de acordo com o Regulamento (UE) 2017/625, de 15 de março. Os laboratórios designados pelas autoridades competentes para realizar estas análises têm de possuir o conhecimento especializado, o equipamento adequado, as infraestruturas necessárias e pessoal qualificado.

Para assegurar a fiabilidade dos resultados, estes laboratórios precisam estar acreditados em conformidade com a norma EN ISO/IEC 17025:2018, que estabelece os "Requisitos gerais de competência para laboratórios de ensaio e calibração".

1.3.2.5. Decisões relativas às remessas

Após a conclusão dos controlos documental, de identidade e, se necessário, físico, as autoridades competentes tomam decisões sobre cada remessa, conforme estipulado pelo Regulamento (UE) 2017/625, de 15 de março. Quando é verificado que a remessa preenche todos os requisitos estabelecidos pela União Europeia, esta é aprovada e recebe a livre prática, o que permite a sua entrada no espaço Europeu. Em contrapartida, se houver indícios de incumprimento dos requisitos, a remessa será rejeitada. As remessas que são rejeitadas podem ter três destinos possíveis: reexpedição, transformação ou destruição, conforme definido no mesmo regulamento. É relevante destacar que a rejeição pode ser total — onde toda a remessa é vetada — ou parcial, quando apenas certos lotes são considerados não conformes. Caso a reexpedição não seja uma opção viável, ou seja, a escolha do importador, a remessa será tratada conforme as normas, podendo ser destruída ou transformada, em linha com o Regulamento (UE) 2017/625 e o Regulamento (UE) 1069/2009, que estabelece as regras sanitárias para subprodutos animais e produtos não destinados ao consumo humano.

1.4. Objetivos do estudo

O presente estudo tem como objetivo a análise e caracterização da infeção por *Kudoa* spp. em carapau (*Trachurus trachurus*) e cavala (*Scomber colias*) descarregados na lota de Peniche em março de 2024; bem como em amostras de pargo-sêmola (*Pagrus auriga*) e de garoupa-legítima (*Epinephelus aeneus*) provenientes do Senegal e carapau-chileno (*Trachurus murphyi*) do Chile recolhidas no PCF de Lisboa. Pretende-se com este trabalho compreender a prevalência e intensidade do parasitismo em produtos da pesca destinados ao mercado nacional, comparando diferentes zonas anatómicas musculares e descrever a morfometria dos mixozoários de *Kudoa* detetados. Por fim, irá ser feita uma reflexão sobre os potenciais riscos dos presentes resultados para a Saúde Pública e sobre os aspetos epidemiológicos desta parasitose no contexto nacional.

II. Material e métodos

1. Amostragem

Um total de 58 amostras de produtos da pesca foram recolhidas, para processamento, no presente estudo, provenientes tanto de peixes capturados na costa portuguesa, descarregados a nível da lota de Peniche, como obtidas a partir de remessas provenientes de países terceiros e inspecionados no Posto de Controlo Fronteiriço de Lisboa.

1.1. Lota de Peniche

Foram recolhidas 25 amostras de carapau (*Trachurus trachurus*) e 25 de cavala (*Scomber colias*) em março de 2024, adquiridas em leilão, de primeira venda de pescado na lota de Peniche (Portugal). Os produtos da pesca foram capturados ao largo de Peniche, através de técnicas de arrasto pelágico, tendo sido acondicionados em caixas de esferovite, com gelo laminado, após a venda e transportados no dia seguinte à sua captura, para o laboratório da FMV-ULusófona, onde as amostras foram de imediato processadas.

1.2. Posto de Controlo Fronteiriço de Lisboa

No total, foram recolhidas 8 amostras aleatórias, dada a disponibilidade dos produtos da pesca, no âmbito dos Controlos Oficiais, efetuados ao nível do PCF de Lisboa. Na zona de carga aérea, do Aeroporto Humberto Delgado, foram colhidos 1 exemplar de pargo-sêmola (*Pagrus auriga*) e 1 exemplar de garoupa-legítima (*Epinephelus aeneus*), ambos provenientes do Senegal, do mesmo estabelecimento, refrigerados e acondicionados em caixas de esferovite com gelo laminado. Além disso, foram também colhidas 6 amostras de carapau-chileno (*Trachurus murphyi*), com origem no Chile, transportado congelado, por navio em contentores frigoríficos e acondicionados em sacos de plástico, dentro de caixas de cartão, a uma temperatura medida no local de -22°C, que deram entrada, em Portugal, através do Terminal Portuário de Alcântara (Liscont) no mês de agosto de 2024. Todas as amostras foram imediatamente congeladas a -18°C e armazenadas nas câmaras da FMV-ULusófona e da NAVA de Alcântara até o início de seu processamento.

2. Processamento

As amostras foram processadas no laboratório da FMV-ULusófona. Primeiramente, os exemplares de produtos da pesca foram pesados e foi determinado o seu comprimento

furcal, seguindo-se a necrópsia dos espécimes, durante a qual os músculos e órgãos dos peixes foram separados de forma meticulosa. No caso das amostras congeladas (provenientes do PCF), estas foram previamente descongeladas na altura do processamento. As amostras de 1 grama foram, então, submetidas a um processo de maceração, seguido de homogeneização e conservação em Eppendorf com etanol 70%, garantindo a uniformidade e integridade das amostras para posterior análise.

2.1. Necropsia e separação dos tecidos para análise

- ✓ **Exame externo** - O exame visual externo do peixe foi realizado para verificar sinais de possíveis infeções parasitárias, como lesões ou alterações na pele e nas brânquias.
- ✓ **Colheita de músculo** - Nas amostras provenientes de Peniche (carapau-branco e cavala), foram selecionadas duas regiões anatómicas específicas para a colheita de tecido muscular. Utilizando um bisturi, uma tesoura e pinças, foram recolhidas amostras de aproximadamente 1 grama de músculo epaxial e pele da região dorsal anterior do peixe (D1); e da região dorsal posterior (D2) localizada dorsalmente à linha lateral, junto ao pedúnculo caudal (Figura 12).

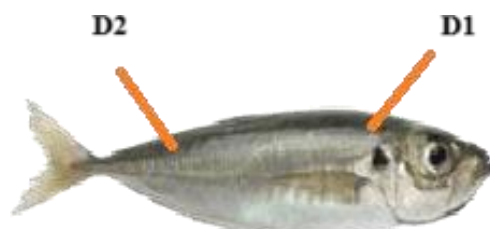


Figura 12 – *Trachurus trachurus*; Localização anatómica dos locais de colheita de músculo e pele nas amostras de peixe da lota de Peniche. Adaptado de Docapesca (2020).

Nos 8 exemplares, provenientes do PCF (carapau-do-chile, garoupa e pargo-sêmola), por serem de uma dimensão e peso bastante superiores, foram colhidas 4 amostras, de 4 regiões anatómicas de cada peixe, contendo estas, também cerca de 1 grama cada : da região dorsal anterior (DA), localizada dorsalmente ao opérculo e anteriormente à barbatana dorsal espinhosa; da região dorsal posterior (DP), localizada dorsalmente à linha lateral e anterior à barbatana caudal; da região ventral (V), localizada posteriormente às barbatanas pélvicas e anteriormente ao ânus; e da região cranial (C), localizada dorsalmente na cabeça entre os olhos (Figura 13).

- ✓ **Exame por compressão** - Com o auxílio de duas caixas de Petri, as amostras foram comprimidas, e com recurso à estereoscopia óptica, foi analisada, com a finalidade de visualizar formas quísticas nos tecidos musculares.

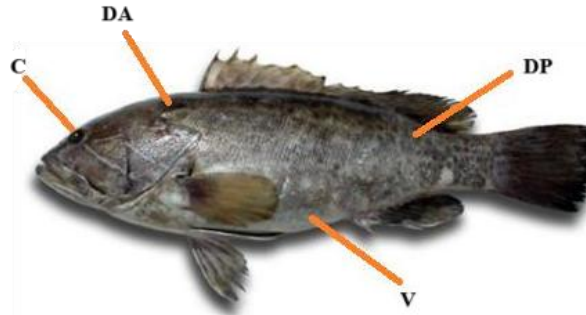


Figura 13 – *Epinephelus aeneus*; Localização anatômica dos locais de colheita de músculo e pele nas amostras de peixe colhido no Posto de Controlo Fronteiriço (PCF). Adaptado de (Arias, 2002).

2.2. Maceração, homogeneização e filtração

Seguiu-se a maceração e homogeneização de cada amostra. A amostra foi cortada em pedaços mais pequenos, com recurso a uma tesoura cirúrgica e colocada num tubo de ensaio de vidro, com 4mL de solução de NaCl 0,9% (água destilada e cloreto de sódio). Com o auxílio de uma vareta de vidro, procedeu-se ao esmagamento da amostra em pedaços mais pequenos, comprimindo-os contra a parede do tubo de ensaio enquanto se agitava simultaneamente (Barrett *et al.*, 2001; Yokoyama *et al.*, 2017). Após a homogeneização seguiu-se a filtração. Com recurso a uma peneira metálica (poros de 0,5 mm) e um funil de vidro, tendo a solução filtrada, sido transferida, para um novo tubo de ensaio. Em seguida, permitiu-se que o filtrado sedimentasse por 30 minutos, sendo depois transferidos 0,5 mL de fluído do fundo do tubo, para um novo tubo Eppendorf, ao qual se acrescentou 1 mL de etanol 70%, para a fixação parasitária (Matsukane *et al.*, 2010; Yokoyama *et al.*, 2017). Este fluído recolhido, do fundo do tubo, incluía o sedimento fino, resultante da maceração do tecido do hospedeiro íctio, assim como os eventuais mixosporos de *Kudoa*, que deles se libertariam. Entre o processamento de cada amostra, realizaram-se lavagens de todo o material utilizado, com detergente, sendo sempre a última passagem por água realizada com água destilada, de modo a minimizar possíveis contaminações cruzadas (Whipps *et al.*, 2004).

3. Observação e caracterização das formas parasitárias do género *Kudoa*

Para determinar a intensidade de mixosporos por grama de amostra, foi utilizada uma câmara de Neubauer melhorada. Foi definido que, por rotina, a contagem seria feita num volume da câmara de 0,1 μL , mas caso fossem contadas menos de 10 células parasitárias, nesse volume, a contagem seria repetida, num volume 4 vezes superior. O valor final (mixosporos de *Kudoa*/grama de músculo) foi posteriormente calculado com base nas contagens feitas (em 0,1 ou 0,4 μL de volume da câmara), para o volume total da amostra (uma suspensão de 1500 μL produzidos a partir de 1g de amostra).

Posteriormente foi feita a análise morfológica e morfométrica das células parasitárias. Para tal, e de modo a fazer uma amostragem aleatória, foi definida a ordem de seleção representada na (Figura 14). Cem mixosporos (100) de morfologia semelhante e provenientes de diferentes amostras aleatórias, foram observados cuidadosamente ao microscópio óptico, (objetiva 100x), onde foram caracterizados cinco parâmetros morfométricos, através de uma ocular micrométrica: Eixo maior do mixosporo (EM), Eixo menor do mixosporo (Em), Largura da cápsula (Lc), Comprimento da cápsula (Cc) (realizadas em vista apical), e a Altura do mixosporo (A) (efetuada numa vista lateral) (Figura 15).

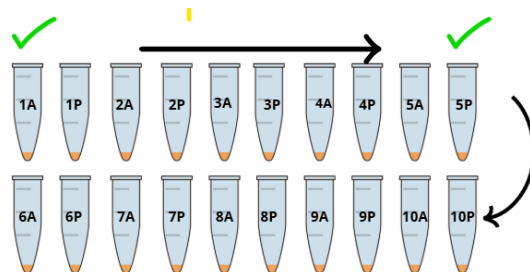


Figura 14 – Esquema de seleção das 10 amostras, para visualização/caracterização morfológica dos mixosporos de *Kudoa* spp;

Código das amostras: algarismo correspondente ao número sequencial da amostra de peixe; letra corresponde à localização da amostra (A-anterior; P- posterior), imagem original.

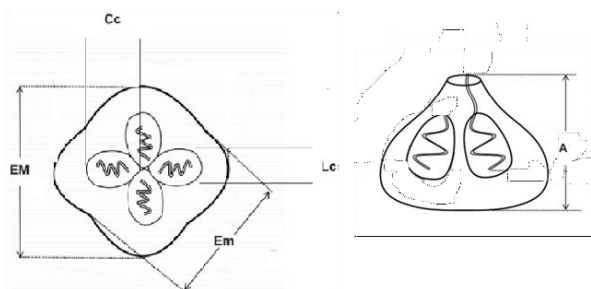


Figura 15 – Vistas apical e lateral de mixosporos de *Kudoa* spp. Adaptado de (Li, X.-B. *et al.*, 2022); EM- eixo maior; Em- eixo menor; Cc- comprimento da cápsula polar; Lc- largura da cápsula polar; A- altura do mixosporo

4. Análise de dados

Os parâmetros parasitários analisados (prevalência e intensidade) foram calculados de acordo com Bush *et al.* (1997). Além disso, foram calculados os valores médios, mínimos, máximos e o desvio padrão para cada conjunto de dados, incluindo o peso e o comprimento furcal dos hospedeiros íctios, e os parâmetros parasitários.

Para avaliar a possível relação entre as variáveis peso/comprimento dos hospedeiros, tanto oriundos da lota de Peniche como de países terceiros, e a quantidade de mixosporos, foi conduzida uma análise de estatística recorrendo ao programa de Excel e ao método de correlação de Pearson para calcular as seguintes correlações:

- ✓ Comprimento do hospedeiro vs número de mixosporos da amostra da região dorsal anterior;
- ✓ Comprimento do hospedeiro vs número de mixosporos da região dorsal posterior;
- ✓ Peso do hospedeiro vs número de mixosporos da amostra da região dorsal anterior;
- ✓ Peso do hospedeiro vs número de mixosporos da amostra da região dorsal posterior.

E para comparar os resultados médios de cada uma das regiões anatómicas das amostras (anterior e posterior) foi aplicado o t-test com recurso ao programa de Excel:

- ✓ Número de mixosporos das amostras da região dorsal anterior vs número de mixosporos das amostras da região dorsal posterior.

III. Resultados

1. Lota de Peniche

1.1. Caracterização dos hospedeiros

As amostras de carapau-branco (*Trachurus trachurus*) e de cavala (*Scomber colias*) adquiridas na lota de Peniche em 2024 revelaram características distintas em termos de peso e comprimento. As cavalas analisadas tinham um peso médio de 167,3 g, um comprimento furcal médio de 25,5 cm. Já os carapaus-brancos analisados apresentaram um peso médio de 126,7g e um comprimento furcal médio de 22,7cm (Tabela 9).

Tabela 9 - Comprimento e peso dos exemplares analisados de *Scomber colias* e *Trachurus trachurus* adquiridos na lota de Peniche.

Carapau-branco (<i>Trachurus trachurus</i>)			
Nº amostras	Parâmetro	Peso (g)	Comprimento furcal (cm)
25	Mínimo	86,40	20,50
	Máximo	164,20	25,0
	Média	126,70	22,70
	Desvio-padrão	18,99	1,19
Cavala (<i>Scomber colias</i>)			
Nº amostras	Parâmetro	Peso (g)	Comprimento furcal (cm)
25	Mínimo	57,90	18,50
	Máximo	221,30	28,50
	Média	167,30	25,50
	Desvio-padrão	33,90	1,95

1.2. Caracterização parasitária

A análise macroscópica (inspeção visual) e estereoscópica das amostras, após compressão entre placas de Petri, não revelou alterações evidentes no músculo, nem estruturas parasitárias visíveis, como quistos. Quanto à análise microscópica das amostras, a prevalência de *Kudoa* spp. foi de 100% em carapau-branco e de 0% em cavala.

A intensidade parasitária média em carapau-branco foi de $115,43 \times 10^3$ mixosporos/g, com valores de mínimo e máximo de $3,75 \times 10^3$ e 285×10^3 mixosporos/g, respetivamente (Tabela 10).

Relativamente à morfometria, os mixosporos observados exibiam um elevado grau de homogeneidade morfológica, com uma forma subesférica (Figura 16), e valores médios do

eixo maior (EM) de 5,3 μm , eixo menor (Em) de 4,3 μm , altura (A) de 4,6 μm ; apresentando quatro cápsulas polares de dimensões semelhantes, com um comprimento (Cc) de 1,6 μm e largura (Lc) de 1,1 μm (Tabela 11).

Relativamente à contagem de mixosporos de *Kudoa* observados, verificou-se uma quantidade significativamente maior na amostra da região dorsal anterior em comparação com a região dorsal posterior (Gráfico 1).

Tabela 10 – Número de mixosporos do género *Kudoa* por grama de músculo de carapau (*Trachurus trachurus*) da lota de Peniche; Amostra (A)- 1 grama de músculo dorsal anterior; Amostra (P)- 1 grama de músculo dorsal posterior

Nº da amostra do Peixe	Nº de mixosporos/g de músculo ($\times 10^3$)	
	Região anterior (A)	Região posterior (P)
1	75	41,25
2	270	26,25
3	26,25	3,75
4	33,75	15
5	7,50	3,75
6	18,75	165
7	165	165
8	180	3,75
9	30	37,50
10	33,75	45
11	41,25	11,25
12	37,50	18,75
13	33,75	67,50
14	165	116,25
15	225	90
16	180	150
17	210	180
18	150	285
19	165	150
20	210	150
21	195	150
22	165	165
23	285	195
24	78,75	150
25	240	165
Totais	3221,25	2550
Total final T(A)+T(P)		5771,25
Média (A) e (P)	128,85	102
Média		115,43
Mínimo		3,75
Máximo		285
Desvio-padrão		83,88

Mixosporos de *Kudoa* spp. por grama de músculo de *Trachurus trachurus*

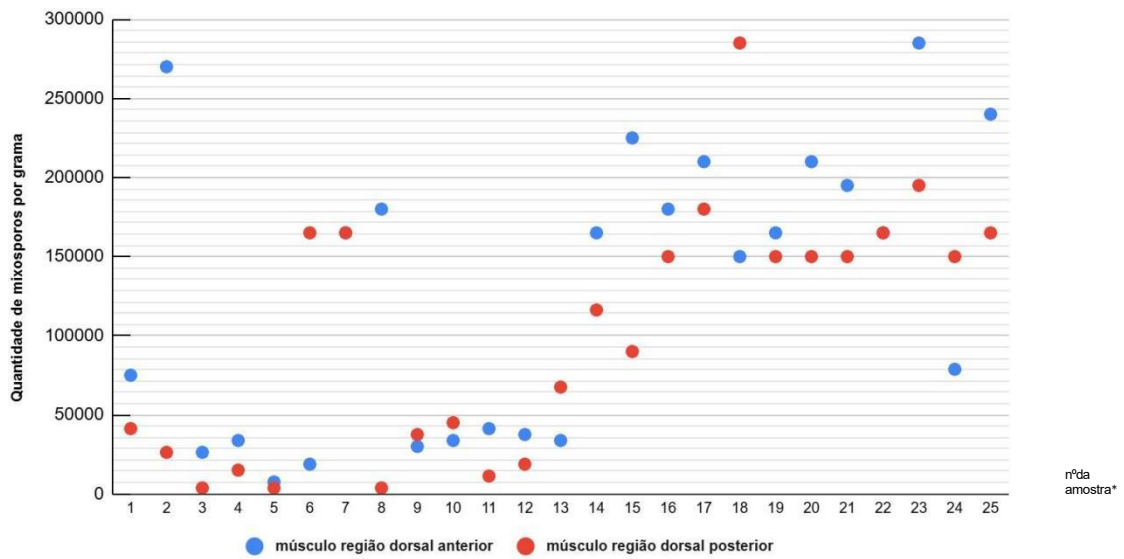


Gráfico 1 - Representação gráfica da Tabela 10- Contagem de mixosporos de *Kudoa* spp. por grama de músculo em carapau (*Trachurus trachurus*); *corresponde ao número sequencial da amostra de peixe analisada.

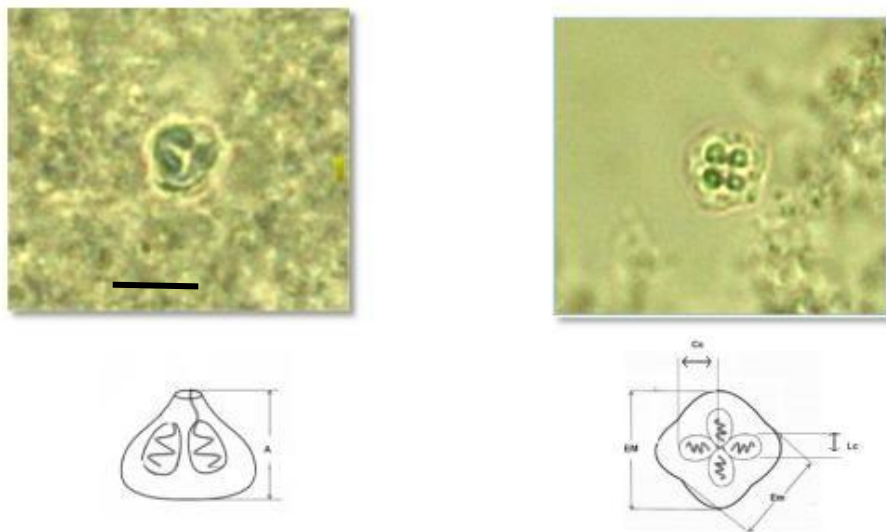


Figura 16 – Vistas lateral e apical de mixosporos de *Kudoa* spp. Medidas expostas correspondem às características presentes na Tabela 11. Escala fotografias = 5 micrómetros, ampliação 400x. Ilustrações adaptadas de (Li *et al.*, 2022) e fotografias originais.

EM- eixo maior; Em- eixo menor; Cc- comprimento da cápsula polar; Lc- largura da cápsula polar; A- altura do mixosporo.

Tabela 11 - Resumo das características parasitárias do género *Kudoa* analisadas.

Hospedeiro	N	Peso(g) (mín-máx)	Comprimento furcal (cm) (mín-máx)	Prevalência	Intensidade (mín-máx)	n	Morfometria dos mixosporos (µm)				
							EM (mín-máx)	Em (mín-máx)	A (mín-máx)	Lc (mín-máx)	Cc (mín-máx)
<i>Trachurus trachurus</i>	25	126,7 (86,4-164,2)	22,7 (20,5-25,0)	100%	115,43x 10 ³ (3,75x10 ³ – 285x 10 ³)	100	5,3 (5-6)	4,3 (4-5)	4,6 (3-5,5)	1,1 (1-1,2)	1,6 (1,3-2)
<i>Scomber colias</i>	25	167,3 (57,9-221,3)	25,5 (18,5-28,5)	0%	-		-	-	-	-	-

Legenda: EM- Eixo maior; Em- Eixo menor do mixosporo; A - Altura do mixosporo; Lc- Largura da cápsula; Cc- Comprimento da cápsula; N- número de amostras de *Trachurus trachurus*; n - número de mixosporos analisados;

2. Posto de Controlo Fronteiriço

2.1. Caracterização do hospedeiro

As amostras (N=6) de *Trachurus murphyi* (carapau-chileno) analisadas apresentaram um peso médio de 1151,7g, com um valor mínimo de 1025g e um valor máximo de 1275g. Quanto ao comprimento furcal, mediam em média 44,7 cm, com um valor mínimo de 39 cm e um máximo de 48 cm, aproximadamente (Tabela 12) .

No que concerne a espécie *Epinephelus aeneus* (garoupa), apenas 1 exemplar foi analisado e apresentava um peso de 2012g e um comprimento furcal de 47cm, aproximadamente. O exemplar de *Pagrus auriga* (pargo-sêmola) analisado tinha um peso de 730g e um comprimento furcal de 28cm (Tabela 12).

Tabela 12 - Resumo de características físicas dos produtos da pesca, recolhidos no PCF de Lisboa.

Amostras recolhidas no PCF Agosto 2024			
Espécie	Nº de amostras	Peso(g)	Comprimento furcal (cm)
<i>Pagrus auriga</i>	1	730	28
<i>Epinephelus aeneus</i>	1	2012	47
<i>Trachurus murphyi</i>	Nº de amostras	Peso(g) (mín- máx)	Comprimento furcal (cm) (mín- máx)
	6	1151,7± 90,87 (1025-1275)	44,75 ± 3.40 (39 - 48)

2.2. Caracterização parasitária

Dentro das amostras analisadas, apenas o pargo-sêmola (*Pagrus auriga*) apresentou

resultado positivo, para a presença de mixozoários do género *Kudoa*, na amostra da região dorsal anterior, apresentando uma intensidade de $3,75 \times 10^3$ mixosporo/g (Tabela 13). A morfometria do único esporo, que foi possível visualizar e analisar encontra-se esquematizada na Tabela 13.

Tabela 13 - Resumo das características parasitárias das amostras colhidas no PCF de Lisboa, no mês de Agosto de 2024.

Hospedeiro	Origem	N	Peso(g) (mín-máx)	Comprimento furcal (cm) (mín-máx)	Prevalência	Intensidade	Morfometria dos mixosporos (μm) *				
							EM	Em	A	Lc	Cc
<i>Pagrus auriga</i>	Senegal	1	730	28	100%	$3,75 \times 10^3$	5,2	4,3	-	1,1	1,5
<i>Epinephelus aeneus</i>	Senegal	1	2012	47	0%	-	-	-	-	-	-
<i>Trachurus murphyi</i>	Chile	6	1151,7 (1025- 1275)	44,7 (39-48)	0%	-	-	-	-	-	-

* **Legenda:** EM - Eixo maior do mixosporo; Em- Eixo menor do mixosporo; A - Altura do mixosporo; Lc- Largura da cápsula; Cc- Comprimento da cápsula. N- Número de amostras de hospedeiros íctios;

3. Resultados estatísticos

A análise estatística mostrou, que peixes maiores têm menos mixosporos por grama de músculo. A correlação de Pearson, entre comprimento do hospedeiro e quantidade de mixosporos de *Kudoa*, na amostra de músculo anterior, originou um coeficiente de $r = -0.26451$, enquanto que relativamente à região posterior, este parâmetro foi de $r = -0.21408$. Para o peso do hospedeiro, o mesmo teste estatístico, calculou um coeficiente de $r = -0.33791$, quando correlacionado com o nº de mixosporos na região anterior, e de $r = -0.31781$, o nº de mixosporos na posterior, indicando que, peixes mais pesados também apresentam menos mixosporos. A relação entre peso e quantidade de mixosporos é mais forte na região anterior.

Para o cálculo do t-test foram comparadas as médias da quantidade de mixosporos/g da região anterior e região posterior, representadas na Tabela 10. O valor de $t = 8.58$, indica uma diferença significativa entre os grupos comparados, sugerindo que essa diferença é substancial e relevante. Além disso, o $p < 0.00001$ indica que a probabilidade de que, a diferença observada tenha ocorrido ao acaso é extremamente baixa, o que sugere que é altamente provável, que essa diferença seja verdadeira e significativa (Tabela 14).

Tabela 14 - Resultados estatísticos dos métodos de Pearson e test-t.

Correlação entre comprimento/peso do hospedeiro vs quantidade de mixosporos			
Variável do Hospedeiro	Região Muscular	Coefficiente de Correlação (r)	Interpretação
Comprimento	Anterior	-0.26451	Correlação fraca a moderada negativa
Comprimento	Posterior	-0.21408	Correlação fraca negativa
Peso	Anterior	-0.33791	Correlação moderada negativa (mais forte)
Peso	Posterior	-0.31781	Correlação moderada negativa
Comparação de Médias (t-test)			
Comparação entre Regiões Musculares	Valor de t	Valor de p	Interpretação
Anterior vs. Posterior	8.58	< 0.00001	Diferença altamente significativa entre as médias comparadas

IV. Discussão

Os resultados obtidos em carapau (*Trachurus trachurus*) e cavala (*Scomber colias*), provenientes da lota de Peniche, revelaram uma taxa de positividade de *Kudoa* spp. de 100% na primeira espécie e de 0% na segunda. Comparativamente com os resultados do estudo de Vaz (2000), há uma diferença nas taxas de prevalência de *Kudoa* spp., nomeadamente em carapau. Naquele estudo, foi reportada uma prevalência de 84,7% em carapaus, obtidos de um mercado da cidade do Porto, indicando uma infeção considerável, mas mesmo assim menor, do que o reportado no presente estudo, onde todos os indivíduos analisados estavam infetados pelo parasita, o que sugere uma disseminação mais abrangente do agente parasitário. Já o estudo de Cavaleiro *et al.* (2021), em cavala, revelou uma prevalência de 60% de infeção por *Kudoa*, no arquipélago da Madeira.

Em outros estudos, sobre a prevalência de infeções por *Kudoa*, em sardinhas (*Sardina pilchardus*) provenientes do porto de Peniche, Menezes *et al.* (1989), reportaram uma prevalência de 30%, enquanto Gilman (1995) observou que 47,7% dos espécimes, da mesma espécie, provenientes do mesmo local, também apresentavam a parasitose. Ambos os estudos indicaram que, os produtos da pesca associados a Peniche, um ponto de pesca importante, apresentaram resultados positivos a infeções por *Kudoa*, o que é corroborado pelos dados de prevalência do atual trabalho.

Adicionalmente, a proximidade temporal e geográfica desses estudos em relação aos resultados obtidos neste trabalho, que revelaram uma prevalência de 100% de infeção por *Kudoa* spp. em carapaus (*Trachurus trachurus*), poderá especular-se que a região de Peniche poderá estar a enfrentar alterações ambientais ou mudanças nas dinâmicas populacionais que favoreçam a infeção. Além disso, pode haver um manejo inadequado dos recursos pesqueiros, associado ao aumento do consumo de produtos da pesca e à conseqüente sobrepesca, conforme sublinhado por Giulietti *et al.* (2024a, 2024b).

A discrepância observada entre a infeção em carapaus (*Trachurus trachurus*) e a ausência de infeção em cavalas (*Scomber colias*), no mesmo local de captura, Peniche, pode ser atribuída a diferenças significativas, na suscetibilidade entre as duas espécies. Os carapaus podem ser mais vulneráveis às infeções por *Kudoa*, devido a características genéticas, que resultam em respostas imunes menos eficazes (Sitjà-Bobadilla, 2008). As condições ambientais, como variações na temperatura e salinidade, podem favorecer a proliferação de *Kudoa* nos habitats dos carapaus, sem afetar diretamente as áreas habitadas pelas cavalas (Alama-

Bermejo *et al.*, 2013; Vaz, 2000; Koprivnikar & Desser, 2002), dado que as cavalas podem ser encontradas a maiores profundidades (Kiparissis *et al.*, 2000; Cikeš Keč & Zorica, 2012; Martins & Cardador, 1996), evitando a exposição ao parasita. Já os carapaus, que se encontram mais à superfície (Chaves, 2019) poderão estar mais suscetíveis à exposição a formas infetantes do género *Kudoa*.

Com base nos dados obtidos, levanta-se a hipótese de que a dinâmica populacional e as práticas de manejo da pesca em Peniche poderão exercer um impacto relevante na saúde dos carapaus. Especula-se que uma pressão de pesca elevada possa contribuir para um aumento do stresse metabólico nos indivíduos que permanecem no ambiente, uma vez que a captura frequente de peixes pode alterar a estrutura social, potenciando o stresse entre os que ficam. Além disso, própria atividade de pesca poderá ainda afetar o comportamento natural dos peixes, levando-os a evitar zonas de alimentação habituais. Esta alteração comportamental, associada a fatores de stresse ambiental, poderá enfraquecer o sistema imunitário e, conseqüentemente, favorecer a infeção por parasitas.

Por outro lado, as cavalas (*Scomber colias*) são espécies pelágicas ao longo de todo o seu ciclo de vida, mantendo-se em águas abertas e com menor contacto com o fundo marinho (Martins & Cardador, 1996; Cikes-Kec & Zorica, 2012). Já os carapaus (*Trachurus trachurus*), embora também pelágicos, tendem a frequentar zonas mais próximas do fundo (região bentónica) à medida que crescem (Erzini *et al.*, 1997; Abaunza *et al.*, 2003), o que os torna mais suscetíveis a infeções por parasitas como *Kudoa* spp., dado que o hospedeiro intermediário — um anelídeo marinho — se encontra associado à região bentónica (Køie *et al.*, 2004; Rangel *et al.*, 2009). O mesmo poderá justificar a infeção das cavalas analisadas na Madeira (Cavaleiro *et al.*, 2021), com origem na costa portuguesa, mais precisamente na região algarvia, que tende a ser mais bentónica, tornando as cavalas mais suscetíveis ao contacto com os hospedeiros invertebrados. As interações ecológicas e o comportamento alimentar podem aumentar a exposição das cavalas ao parasita. Portanto, é crucial considerar a dinâmica ecológica e as condições ambientais de cada região, ao avaliar a saúde das populações de peixes e as infeções parasitárias associadas. Não pode, ainda, ser descartada a hipótese de estarmos perante espécies de *Kudoa* molecularmente distintas, com ciclos biológicos diferentes e especificidade de hospedeiros próprias, que até à data ainda são desconhecidos.

A análise dos carapaus-brancos de Peniche, revelou uma intensidade média de infeção de $115,43 \times 10^3$ mixosporos/g de músculo, com valores a variar entre $3,75 \times 10^3$ e

285x10³ mixosporos/g. Já o pargo-sêmola, recolhido do PCF de Lisboa, e proveniente do Senegal, apresentou uma intensidade de infecção calculada de 3,75x10³ mixosporos/g.

De acordo com os estudos de St-Hilaire *et al.* (1997), uma contagem inferior a 20x10³ mixosporos/g é considerada aceitável, pois nesta situação, a textura muscular dos peixes infetados, mantém-se semelhante à dos peixes não infetados, mantendo-se a qualidade dos produtos da pesca. No entanto, quando a contagem de mixosporos ultrapassa este limite, a degradação dos tecidos, provocada pelas enzimas proteolíticas, leva à mioliquefação. Os dados obtidos no presente trabalho, indicaram que a maioria dos carapaus analisados, tinham valores de 3,75x10³ mixosporos/g a 285x10³ mixosporos/g. Numa amostra de 25 carapaus, apenas 2 amostras apresentaram valores abaixo de 20x10³ mixosporos/g. De acordo com os estudos de St- Hilaire *et al.* (1997), praticamente todas as amostras de carapaus analisadas, do presente estudo, poderiam desenvolver mioliquefação. Isto poderia resultar numa textura deteriorada das partes edíveis dos produtos, tornando-os impróprios para consumo (Giulietti *et al.*, 2024a, 2024b; Henning *et al.*, 2013; Kristmundsson & Freeman, 2014; Kasai *et al.*, 2016; Moran *et al.*, 1999; Whipps & Diggles 2006). No entanto, para se poder confirmar esta hipótese, de mioliquefação, seria necessário por um lado, identificar molecularmente a espécie envolvida, visto que nem todas as espécies de *Kudoa* causam mioliquefação (Diamant *et al.*, 2005), e por outro observar e avaliar a evolução da textura do músculo. O mesmo princípio se aplica à infecção por *Kudoa* observada no pargo-sêmola (*Pagrus auriga*), visto que o valor estaria abaixo dos 20x10³ mixosporos/g, o que segundo os autores supracitados, não estaria associado ao fenómeno de mioliquefação. Todavia, apenas um exemplar desta espécie foi analisado, o que não é suficiente para tirar conclusões robustas.

A análise estatística de correlação de Pearson (r) foi utilizada para investigar a relação entre a quantidade de mixosporos e as variáveis de comprimento e de peso dos carapaus, respetivamente. Os resultados dos coeficientes de correlação de Pearson (r), indicaram correlações negativas fracas, entre comprimento e quantidade de mixosporos na região dorsal anterior (r=-0,26451) e na região posterior (r=-0,21408), sugerindo que, à medida que o comprimento dos carapaus aumenta, a quantidade de mixosporos tende a diminuir de forma subtil. Embora seja observada uma tendência decrescente na quantidade de mixosporos, com o aumento do tamanho dos hospedeiros, os coeficientes de correlação obtidos, indicam que essa relação é fraca e, portanto, não permite conclusões definitivas.

O mesmo teste estatístico indicou, também, uma correlação negativa moderada, quando se comparou o peso dos hospedeiros com o número de mixosporos/g na região dorsal anterior (r=-0,33791), e com o mesmo parâmetro na região dorsal posterior (r=-0,31781). Isso

implica, que peixes mais pesados, tendem a ter uma carga de mixosporos inferior, mas a força da correlação modesta requer, mais uma vez, cautela na avaliação dos resultados.

Embora as correlações negativas indiquem que carapaus maiores, geralmente, apresentam uma menor carga parasitária, a fraqueza relativa das correlações, especialmente, em relação ao comprimento, destaca a complexidade e a necessidade de uma análise mais abrangente, para entender a dinâmica entre características dos peixes e infecções parasitárias. De acordo com Barac *et al.* (2025) e Sitjà-Bobadilla (2008), peixes maiores tendem a ter um sistema imunitário mais desenvolvido, o que poderá justificar esta tendência. No estudo de Vaz (2000), em carapaus provenientes de um mercado na cidade do Porto, também não se verificou uma relação causal entre as variáveis comprimento/peso *versus* quantidade de mixosporos de *Kudoa* por grama de amostra. Já Menezes *et al.*, (1989), no estudo de *Kudoa* em sardinhas capturadas em Peniche, relataram, empiricamente, que a parasitose seria tanto maior, quanto maior fosse o tamanho do hospedeiro. Por outro lado, estudos contrastantes sugerem que peixes mais velhos (logo de maiores dimensões) tendem a acumular um maior número de parasitas, aumentando, assim, a probabilidade de desenvolver mioliquefação *post-mortem* (Castro *et al.*, 2018; Casal *et al.*, 2019). Nesta óptica, o tamanho corporal do hospedeiro aumenta conseqüentemente a área de superfície exposta à infecção (pele, barbatanas e brânquias), pelo que poderá estar relacionado (Levsen *et al.*, 2008; Jones & Long 2019; Giulietti *et al.*, 2022). No estudo realizado por Giulietti *et al.*, (2024a) no Atlântico Norte, em Espanha, a infecção por *Kudoa* foi observada em sardinhas que apresentavam "*soft flesh*" (ou músculo mole), e os exemplares afetados eram de maior tamanho. Essa constatação está em concordância, com pesquisas anteriores realizadas em sardinhas-europeias (*Sardina pilchardus*), cavalas-do-Atlântico (*Scomber colias*) e salmões-do-Atlântico (*Salmo salar*), que evidenciaram uma maior suscetibilidade à condição conhecida por "*soft flesh*" em peixes maiores, atribuída à maior prevalência e densidade de *K. thyrssites* (Gilman & Eiras, 1998; Levsen *et al.*, 2008; Jones & Long 2019; Giulietti *et al.*, 2024a).

A divergência entre os resultados obtidos neste estudo e os relatados por outros autores poderá ser explicada por diversos fatores, cuja influência se admite como possível, embora não comprovada de forma direta. Uma hipótese a considerar prende-se com a maturação do sistema imunitário dos peixes, que tende a tornar-se mais robusto com o avançar da idade, podendo conferir maior eficácia na resposta à invasão parasitária. No entanto, uma exposição prolongada ao ambiente — também associada à idade do hospedeiro — poderá, paradoxalmente, resultar numa maior acumulação de parasitas ao longo do tempo.

Outra possibilidade prende-se com o comportamento ecológico da população: peixes

maiores podem adotar estratégias de migração seletiva, escolhendo habitats com menor concentração de hospedeiros intermediários, o que resultaria numa exposição reduzida aos actinosporos e, conseqüentemente, numa menor probabilidade de infecção por *Kudoa spp.*. Esta escolha de habitat poderá representar uma adaptação comportamental vantajosa, contribuindo para a saúde geral e menor carga parasitária desses indivíduos.

Para além disso, diferenças entre as amostras analisadas nos diversos estudos, bem como a utilização de metodologias distintas para deteção e quantificação do parasita, podem ter influenciado os resultados. Adicionalmente, as circunstâncias de captura dos hospedeiros — como o local, profundidade ou época do ano — poderão ter originado variações relevantes na perceção dos parâmetros parasitários e no sucesso das operações analíticas. Embora estas justificações sejam de natureza especulativa, considera-se pertinente apresentá-las como possíveis explicações para os padrões observados

No que concerne, aos carapaus (*Trachurus trachurus*), a diferença na intensidade parasitária, entre as amostras das regiões dorsal anterior (onde foi geralmente maior) e a da região dorsal posterior (onde terá sido menor), poderá estar relacionada com fatores que influenciam a suscetibilidade dessas áreas. A região anterior dos peixes, é particularmente vulnerável à infecção, pois os actinosporos podem penetrar através da pele e/ou das brânquias (Giulietti *et al.*, 2024a). As características morfológicas e a contiguidade física dessa região, com áreas anatómicas críticas, para a entrada do parasita no organismo, podem contribuir para essa suscetibilidade. O fluxo de água ao redor dos carapaus, especialmente durante a respiração (Park *et al.*, 2014; Sackville *et al.*, 2024) e a alimentação, poderá favorecer a adesão dos actinosporos, contribuindo para a maior carga parasitária observada na região anterior em comparação à dorsal posterior.

O teste-t foi realizado para comparar as médias da intensidade de infecção, nas regiões anterior e posterior dos peixes (valor-t=8,58), o que indicou uma diferença substancial entre os valores observados. Um valor-t desta magnitude, resulta de uma grande discrepância entre as intensidades de infecção nas duas regiões, sugerindo que, a quantidade de mixosporos na região anterior é significativamente maior do que a da região posterior, como foi possível observar no gráfico 1 no capítulo dos resultados.

Além disso, o valor-p associado a este teste, foi calculado como sendo menor que 0,00001. Um valor-p baixo significa que, a probabilidade de observar uma diferença tão extrema entre os grupos, apenas devido ao acaso é muito próxima de zero. Com um nível de significância, comumente aceite de 0,05, podemos concluir que a diferença observada é estatisticamente significativa.

A morfometria dos mixosporos observados, nos carapaus-brancos, deste estudo, revelou uma forma subquadrada. Quando observados, na vista apical, apresentavam quatro cápsulas polares visíveis, na vista lateral, os mixosporos exibiam uma forma triangular, com duas cápsulas polares discerníveis, o que corrobora com as descrições já relatadas, de *Kudoa thyrsites* e *Kudoa encrasicoli*, por diversos autores (Eiras *et al.*, 2014; Moran *et al.*, 1999; Gunter *et al.*, 2006; Iglesias *et al.*, 2022; Lom & Nilsen, 2003). A dimensão média do eixo maior do mixosporo foi de 5,3 μ m (5–6 μ m), do eixo menor foi de 4,3 μ m (4–5 μ m), altura média (medida na vista lateral) foi de 4,6 μ m (3–5,5 μ m), largura média da cápsula polar de 1,1 μ m (1 – 1,2 μ m) e comprimento médio da cápsula polar de 1,6 μ m (1,3 – 2 μ m). Relativamente à morfometria, do único mixosporo visualizado e analisado presentemente no pargo-sêmola (*Pagrus auriga*), este apresentou um eixo maior de 5,2 μ m, um eixo menor de 4,3 μ m, a largura da cápsula polar foi de 1,1 μ m e o comprimento da cápsula polar de 1,5 μ m. Quando comparados entre si, as medidas dos mixosporos obtidas, dos carapaus e do pargo-sêmola mostraram-se muito semelhantes. Contudo, ao comparar os resultados com o estudo de Cavaleiro *et al.* (2021), em cavalas, cujos valores médios dos esporos, na vista apical, foram 15,2 μ m de largura média, 8,3 μ m de espessura média e 8,4 μ m de comprimento, largura da cápsula média entre 3,7 μ m– 4.7 μ m e largura média de 2,5 μ m– 3,2 μ m, verifica-se que as dimensões dos mixosporos são consideravelmente menores. Esta variação, pode sugerir diferenças entre as espécies de *Kudoa* ou entre os ambientes, onde as amostras foram recolhidas. Além disso, o facto de as amostras, naquele estudo, terem sido preparadas frescas, utilizando uma solução tampão (PBS), pode ter contribuído, para a manutenção da estabilidade do pH, evitando, alterações indesejadas na estrutura e função celulares. De acordo com Ozturk *et al.* (2006), o PBS é amplamente utilizado por manter condições fisiológicas estáveis, nomeadamente o pH e a osmolaridade, o que ajuda a preservar a integridade morfológica das células durante a preparação e manipulação das amostras. Por outro lado, a técnica empregue, no presente estudo, envolveu a fixação das amostras, em etanol a 70%, o que pode modificar estruturalmente o parasita, uma vez que, a desidratação provoca a perda de água e, conseqüentemente, a diminuição do tamanho das células. Por outro lado, existem circunstâncias que podem ter dificultado e tornado menos precisas as medições na presente análise, nomeadamente o recurso à fraca potência do aparelho de microscopia óptica usado (resolução e ampliação de 400x), além do facto de, nos preparados fixados, em etanol 70%, as células parasitárias tenderem a mover-se bastante durante as medições, o que poderá ter dificultado a obtenção de dados mais exatos.

Aproximadamente dez espécies de *Kudoa* foram descritas no Oceano Atlântico

(Eiras *et al.*, 2014). Na costa do continente português, foram registadas ocorrências no charuteiro (*Seriola dumerili*), uma espécie da ordem Perciformes e da família Carangidae, infetada por *Kudoa insolita* (Kovaleva, Shulman & Yakovlev, 1979). Além disso, foram identificadas infeções de *Kudoa* spp. em carapau (*Trachurus trachurus*) (Cruz *et al.*, 2003) e em sardinha-europeia (*Sardina pilchardus*) com morfometria compatível com *Kudoa thyrsites* (Cruz *et al.*, 2011). As infeções causadas por esta espécie, têm sido relatadas frequentemente, na Península Ibérica, principalmente em Espanha, onde os stocks de sardinha têm sido particularmente afetados (Giulietti *et al.*, 2024a, 2024b). Tendo isso em consideração, e com base nos resultados obtidos, a espécie mais provável de estar envolvida, nas parasitoses analisadas, nas amostras do presente estudo, será *Kudoa thyrsites*. No entanto, ao analisá-las apenas pela aparência morfológica, também poderia tratar-se de *Kudoa encrasicoli*, dada a significativa semelhança entre as duas espécies (Giulietti *et al.*, 2024b; Iglesias *et al.*, 2022). Por outro lado, o facto de esta espécie parasitária ter sido, até hoje, apenas reportada no biqueirão (*Engraulis encrasicolus*), torna esta hipótese pouco provável, mas dada a capacidade do género *Kudoa* de infetar diversas espécies, tal possibilidade não deve descartada.

A revisão efetuada sugere que *K. thyrsites* está associada a infeções que acarretam mioliquefação, esta situação compromete a comercialização do pescado, resultando em prejuízos financeiros significativos para os produtores (Giulietti *et al.*, 2024a, 2024b; Henning *et al.*, 2013; Kristmundsson & Freeman, 2014; Kasai *et al.*, 2016; Moran *et al.*, 1999; Whipps & Diggles, 2006).

O subdiagnóstico ou a falta de identificação de *Kudoa* spp. pode representar uma ameaça significativa à Saúde Pública e à economia, especialmente em países onde se consomem produtos da pesca crus, ou insuficientemente confecionados. Além disso, a crescente introdução de hábitos alimentares exóticos nos últimos anos, tem amplificado esse risco alimentar, em países que anteriormente não enfrentavam essa preocupação, como é o caso particular de Portugal (Golden *et al.*, 2023)

O Regulamento (CE) n.º 853/2004 estabelece disposições para a realização de inspeções dos produtos da pesca, com o objetivo de evitar, que produtos visivelmente parasitados sejam colocados no mercado. No entanto, este regulamento não aborda parasitas microscópicos como *Kudoa* spp., uma vez que geralmente, não estão associados a problemas de saúde humana (European Food Safety Authority & BIOHAZ Panel, 2024). Apesar de, até à

data não serem conhecidas intoxicações alimentares na Europa, causadas por este género, foram relatados casos, principalmente, no Japão e na Coreia após o consumo de peixe infetados por *K. septempunctata* e *K. hexapunctata* (Kawai *et al.*, 2012; Matsukane *et al.*, 2010; Suzuki *et al.*, 2015), pelo que, não devem ser descartadas as hipóteses, de surgirem novas espécies capazes de causar doença em humanos, após a ingestão de pescado contaminado, uma vez que, parecem existir ainda muitas novas espécies por descrever e outras tantas sobre as quais muito pouco sabemos (Eiras *et al.*, 2014 ; Shamsi & Barton, 2024).

Para prevenir as intoxicações alimentares causadas pelo género *Kudoa*, é essencial sensibilizar a população sobre os riscos associados ao consumo de peixe cru. Campanhas educativas, devem informar os consumidores, sobre práticas seguras de manuseamento e preparação de produtos da pesca. A confeção adequada é crucial, a temperaturas, de pelo menos 63°C, para garantir a inativação de agentes patogénicos, incluindo parasitas como *Kudoa* spp. (EFSA Panel on Biological Hazards [BIOHAZ], 2010). Para os peixes destinados ao consumo cru, como *sushi* e *sashimi*, a EFSA, segundo o Regulamento 853/2004, obriga que sejam congelados a -20°C ou temperaturas mais baixas por, no mínimo, 24 horas, a fim de inativar os parasitas incluindo *Kudoa* spp. (EFSA & BIOHAZ Panel, 2024).

A adoção de práticas de manejo sustentável na aquacultura, que assegurem um ambiente saudável para os peixes, como a redução da densidade populacional e a melhoria da qualidade da água, pode contribuir para a diminuição da incidência de infeções parasitárias. Neste contexto, técnicas como a filtragem dupla e a irradiação UV na água de cultivo têm demonstrado eficácia na redução da carga parasitária (Shamsi & Barton, 2024). Combinando estas práticas, com estratégias integradas para a deteção e controlo de parasitas, é essencial estabelecer programas de monitorização das populações de peixes, que incluam análises regulares para a deteção de *Kudoa* spp. em diversas espécies, especialmente nas mais consumidas. A implementação de métodos moleculares, como a reação em cadeia da polimerase (PCR), pode aumentar a precisão dos diagnósticos e permitir intervenções mais rápidas em casos de surtos (Shamsi & Barton, 2024). Além disso, considera-se que a aplicação de práticas rigorosas de inspeção de pescado, particularmente no que se refere ao peixe importado, poderá ser crucial. Para tal, seria desejável que os Médicos Veterinários Oficiais recebessem formação adequada para a identificação dos sinais de infeção.

Dado que a saúde dos peixes e a qualidade do pescado são preocupações para a indústria pesqueira, levanta-se a hipótese de que os próprios produtores possam vir a adotar

medidas proativas que contribuam para a sustentabilidade das suas atividades. Uma dessas medidas poderia ser a solicitação voluntária, por parte da entidade produtora, à Autoridade Competente — ou seja, à Direção-Geral de Alimentação e Veterinária (DGAV) — da realização de programas de monitorização que incluam colheitas aleatórias periódicas para análises laboratoriais. Como não existem relatos de infeção por *Kudoa*, em consumidores humanos na Europa, os relatórios da EFSA e do Centro Europeu de Prevenção e Controlo das Doenças (ECDC), ainda, não consideram esta parasitose uma preocupação relevante, para a Saúde Pública, não estando listada entre as zoonoses monitorizadas (EFSA, 2021). No entanto, embora a sua relevância em termos de Saúde Pública na Europa seja considerada baixa, a infeção por *Kudoa* acarreta um impacto económico significativo, sobretudo devido à degradação do tecido muscular e consequente desvalorização comercial dos peixes afetados. Estima-se que as perdas associadas a doenças parasitárias em aquacultura — nas quais se incluem infeções por *Kudoa spp.* — ultrapassem os 500 milhões de euros anuais na Europa, afetando diretamente produtores, indústrias de transformação e exportadores (FEAP, 2023; Market Data Forecast, 2024). Nesse sentido, o seu controlo pelas autoridades veterinárias poderá contribuir, tanto para o apoio à indústria pesqueira, como para a salvaguarda da Saúde Pública. Além disso, a colaboração entre as autoridades e os produtores, pode ser um passo estratégico, importante, no controlo da disseminação destes parasitas microscópicos, pois como apresentam uma quantidade muito grande de hospedeiros, e com as alterações climáticas, podem vir a ser considerados uma preocupação na Saúde Pública. Todas estas ações tornam as comunidades pesqueiras sustentáveis e economicamente viáveis.

Os resultados deste estudo ressaltam a importância de conduzir pesquisas contínuas e interdisciplinares sobre *Kudoa spp.*, destacando a complexidade das interações entre o parasita, seus hospedeiros e as condições ambientais. É essencial considerar como essas dinâmicas afetam a saúde dos ecossistemas, a Saúde Pública e a indústria pesqueira.

Esta investigação oferece informações sobre a dinâmica de *Kudoa spp.* nas populações de peixes, no entanto, é fundamental ter em mente as limitações identificadas. A amostra recolhida num único local, pode não refletir a diversidade das populações de peixes em diferentes regiões. Deste modo, futuras investigações devem abranger uma variedade maior de amostras, provenientes de diferentes locais geográficos e épocas do ano, uma vez que a ocorrência e intensidade das infeções parasitárias pode variar sazonalmente, influenciada por fatores ambientais como temperatura da água, disponibilidade de hospedeiros intermediários e alterações nos comportamentos migratórios dos peixes. Além disso, é crucial incluir um espectro mais amplo de espécies de peixes nos estudos, incluindo potenciais

hospedeiros intermediários, que são essenciais para o ciclo de vida do parasita, e conduzindo investigações contínuas e regulares para monitorizar esta parasitose no espaço e no tempo.

V. Conclusão

A análise morfométrica de *Kudoa* spp. oferece perspectivas valiosas, mas é insuficiente para elucidar toda a complexidade das infecções por este parasita. Para uma compreensão mais completa, é essencial integrar a morfometria com análises moleculares e investigar as dinâmicas que afetam a saúde dos peixes e a qualidade dos produtos pesqueiros.

A evidência disponível, indica que *Kudoa thyrsites* é a espécie mais provável de infectar os carapaus (*Trachurus trachurus*) analisados neste estudo, ressaltando a importância de implementar um controle mais eficaz, sobre as populações de peixes na indústria pesqueira e na aquicultura. Os resultados da prevalência de *Kudoa* spp. e o que a literatura correlata, destacam preocupações críticas quanto à saúde dos peixes e à Saúde Pública. A infecção generalizada nos carapaus, com elevada carga parasitária, evidencia os riscos associados à degradação da qualidade do pescado. Ademais, existe a crescente preocupação com a transmissão de infecções alimentares em humanos, especialmente em regiões costeiras, onde o consumo de peixe cru é comum. Embora, ainda, não existam relatos, de casos documentados, de infecções em humanos na Europa, e a EFSA não as considere uma preocupação imediata, os riscos associados a *Kudoa* spp. não devem ser subestimados. Em particular, espécies como *Kudoa septempunctata* e *Kudoa hexapunctata*, que embora, ainda, não tenham sido relatadas na Europa, são consideradas zoonóticas e ampliam a importância de monitorizar a situação. Além disso, as alterações climáticas podem influenciar a distribuição e a virulência dessas espécies, criando um cenário propenso a futuras contaminações, que representam ameaças à Saúde Pública. Na sequência da globalização e do aumento das trocas comerciais com países terceiros, não pode ser descurada a hipótese de importação de produtos da pesca infetados, com espécies zoonóticas de *Kudoa*, de países onde é frequente e a sua consequente introdução no mercado português.

É imperativo intensificar a investigação sobre a biologia, ecologia e sobre os ciclos de vida dos parasitas do género *Kudoa*, bem como, as suas interações com hospedeiros, para esclarecer as dinâmicas de infecção em diferentes espécies de peixes. Este conhecimento contribuirá para o desenvolvimento de estratégias de controle e tratamentos eficazes.

Portanto, uma abordagem holística, que envolva monitorização rigorosa, educação sobre Segurança Alimentar e adoção de boas práticas de manejo, é fundamental para mitigar os riscos relacionados a *Kudoa* spp. e garantir a saúde dos ecossistemas marinhos, a qualidade dos produtos pesqueiros e a Segurança Alimentar.

Pesquisas futuras devem focar-se em esclarecer os mecanismos moleculares, que sustentam a patogenicidade dos esporos de *Kudoa* spp. e desenvolver métodos de diagnóstico rápidos e economicamente viáveis.

VI. Bibliografía

Abaunza, P., Gordo, L., Karlou-Riga, C., Murta, A., Eltink, A. T. G. W., García Santamaría, M.-T., Zimmermann, C., Hammer, C., Lucio, P., Iversen, S. A., Molloy, J., & Gallo, E. (2003). Growth and reproduction of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (Carangidae). *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 13, 27-61. <https://doi.org/10.1023/A:1022665029955>

Abdel-Baki, A. S., Abdel-Haleem, H. M., Al-Quraishy, S., Azevedo, C., & Mansour, L. (2018). Ultrastructural and molecular characteristics of *Kudoa crenimugilis* n. sp. infecting intestinal smooth muscle of fringelip mullet *Crenimugil crenilabis* in the Red Sea. *Diseases of aquatic organisms*, 129(1), 53–62. <https://doi.org/10.3354/dao03225>

Ahn, M., Shin, G. W., Kim, J. H., Park, H. J., & Kim, H. J. (2021). A review of recent outbreaks and pathogenic potential of *Kudoa septempunctata* in Japan. *Journal of Veterinary Science*, 22(3), e43. <https://doi.org/10.4142/jvs.2021.22.e43>

Alama-Bermejo, G., Šíma, R., Raga, J. A., & Holzer, A. S. (2013). Understanding myxozoan infection dynamics in the sea: Seasonality and transmission of *Ceratomyxa puntazzi*. *International Journal for Parasitology*, 43(9), 771–780. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2013.05.003>

Alarcón, M., Thoen, E., Poppe, T. T., Bornø, G., Mohammad, S. N., & Hansen, H. (2015). Co-infection of *Nucleospora cyclopteri* (Microsporidia) and *Kudoa islandica* (Myxozoa) in farmed lumpfish, *Cyclopterus lumpus* L., in Norway: A case report. *Journal of Fish Diseases*, 39(4), 411–418. <https://doi.org/10.1111/jfd.12375>

Andrada, C., Tortelly, R., Nogueira, P., Andrade, C., & Lima, F. (2005). Infecção por *Kudoa Meglitsch*, 1947 (Myxozoa: Multivalvulida) em musculatura esquelética de espada *Trichiurus lepturus* L. (Teleostei: Trichiuridae). *Parasitología Latinoamericana*, 60(2), 117–121. <https://doi.org/10.4067/S0717-77122005000200010>

Arai, Y., & Matsumoto, K. (1953). On a New Sporozoa, *Hexacapsula neothunni* gen. et sp. nov., from the Muscle of Yellowfin Tuna, *Neothunnus macropterus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 18(7), 293–298. <https://doi.org/10.2331/suisan.18.293>

Arias, A. (1998). *Pagrus auriga Valenciennes*, 1843 [Review of *Pagrus auriga Valenciennes*, 1843]. In *Mercado de Peixe Conil de la Frontera*. http://www.ictioterm.es/nombre_cientifico.php?nc=106

Arias, A. (2002). *Epinephelus aeneus* (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817) [Mercado municipal de Cádiz *Epinephelus aeneus* (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817)]. http://www.ictieterm.es/nombre_cientifico.php?nc=70

Ashford, J., Serra, R., Saavedra, J. C., & Letelier, J. (2011). Otolith chemistry indicates large-scale connectivity in Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*), a highly mobile species in the Southern Pacific Ocean. *Fisheries Research*, 107(1–3), 291–299. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2010.11.00>

Atkinson, S. D., Bartošová-Sojková, P., & Whipps, C. M. (2015). Approaches for characterizing myxozoan species. In B. Okamura, A. Gruhl, & J. L. Bartholomew (Eds.), *Myxozoan evolution, ecology and development* (pp. 111–123). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14753-6_6

Atkinson, S. D., Hallett, S. L., Díaz-Morales, D., Bartholomew, J. L., & de Buron, I. (2019). First myxozoan infection (Cnidaria: Myxosporidia) in a marine polychaete from North America and erection of actinospore collective group *Saccimyxon*. *Journal of Parasitology*, 105(2), 252–262.

Barac, F., Castro, P. L., Hansen, T. J., Fjellidal, P. G., Kerboeuf, M., Boysen, P., Hordvik, I., Bjørgen, H., & Koppang, E. O. (2025). B-cell distribution and composition in the gills and the interbranchial lymphoid tissue (ILT) of the Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *The Journal of Immunology*, vkaf081. Advance online publication. <https://doi.org/10.1093/jimmun/vkaf081>

Barrett, S. M., Martinsen, B., & Brown, F. (2001). *Analysis of Kudoa thyrsites* (Myxozoa: Myxosporidia) spore antigens using monoclonal antibodies. *Journal of Fish Diseases*, 24(6), 281–291. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2761.2001.00295.x>

Bartholomew, J. L., Atkinson, S. D., Hallett, S. L., Lowenstine, L. J., Garner, M. M., Gardiner, C. H., Rideout, B. A., Keel, M. K., & Brown, J. D. (2008). Myxozoan parasitism in waterfowl. *International Journal for Parasitology*, 38, 1199–1207. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2007.12.003>

Bartošová-Sojková, P., Hrabcová, M., Pecková, H., Patra, S., Kodádková, A., Jurajda, P., Tým, T., & Holzer, A. S. (2014). Hidden diversity and evolutionary trends in malacosporidian parasites (Cnidaria: Myxozoa) identified using molecular phylogenetics. *International Journal for Parasitology*, 44(8), 565–577. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2014.04.005>

- Bolin, J. A., Cummins, S. F., Mitu, S. A., Schoeman, D. S., Evans, K. J., & Scales, K. L. (2021). First report of *Kudoa thunni* and *Kudoa musculoliquefaciens* affecting the quality of commercially harvested yellowfin tuna and broadbill swordfish in Eastern Australia. *Parasitology research*, 120(7), 2493–2503. <https://doi.org/10.1007/s00436-021-07206-8>
- Bouain, A., & Siau, Y. (1983). Observações sobre o ciclo reprodutivo feminino e a fecundidade de três espécies de garoupas (*Epinephelus*) das costas do sudeste da Tunísia. *Biologia Marinha*, 73(2), 211–220.
- Bruslé, J., & Bruslé, S. (1975). Contribution à l'étude de la reproduction de deux espèces de mérours *E. aeneus* G. Saint-Hilaire, 1809 (Linné, 1758) et *E. guaza* des côtes de Tunisie. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, 39(3), 313–320.
- Bruslé, J., & Bruslé, S. (1976). Contribution à l'étude de la reproduction de deux espèces de mérours (*Epinephelus aeneus* et *E. guaza*) des côtes tunisiennes. *Rapports et procès-verbaux des réunions de la Commission internationale pour l'exploration scientifique de la mer Méditerranée*, 23(8), 49–50.
- Burger, M. A. A, Cribb, T. H, & R. D. Adlard. (2006). Patterns of relatedness in the Kudoidae with descriptions of *Kudoa chaetodoni* n. sp. and *K. lethrini* n. sp. (Myxosporea: Multivalvulida). *Parasitology*, 134(5), 669– 681. <https://doi.org/10.1017/S0031182006001995>
- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M., & Shostak, A. W. (1997). Parasitology Meets Ecology on Its Own Terms: Margolis et al. Revisited. *The Journal of Parasitology*, 83(4), 575–583. <https://doi.org/10.2307/3284227>
- Cabral, H. N., & Murta, A. G. (2002). The diet of blue whiting, hake, horse mackerel, and mackerel off Portugal. *Journal of Applied Ichthyology*, 18 (1), 14-22. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0426.2002.00297.x>
- Campbell, N. (2005). The myxosporean parasitofauna of the Atlantic horse mackerel, *Trachurus trachurus* (L.) in the North-East Atlantic Ocean and Mediterranean Sea. *Acta Parasitologica*, 50(2), 97–101.
- Cárdenas, L., Silva, A. X., Magoulas, A., Cabezas, J., Poulin, E., & Ojeda, F. P. (2009). Estrutura genética da população da cavala-chilena (*Trachurus murphyi*) no sudeste do Oceano Pacífico. *Pesquisa Pesqueira*, 100, 109–115.

Carpenter, K. E., & De Angelis, N. (Eds.). (2016). *Os recursos marinhos vivos do Atlântico Centro-Leste. Vol. 4: Peixes ósseos parte 2 (Perciformes a Tetradontiformes) e tartarugas marinhas* (pp. 2343–3124). Guia de Identificação de Espécies da FAO para Fins Pesqueiros. FAO.

Carvalho, N., Perrota, R. G., & Isidro, E. (2002). Age, growth and maturity in chub mackerel (*Scomber japonicus* Houttuyn, 1782) from the Azores. *Arquipélago – Life and Marine Sciences*, 19A, 93–99.

Casal, G., Soares, E. C., Rocha, S., Silva, T. J., Santos, E. L., Nascimento, R., Oliveira, E., & Azevedo, C. (2019). Description of a new myxozoan *Kudoa eugeres* n. sp. and reclassification of two Sphaerospora sensu lato species. *Parasitology research*, 118(6), 1719–1730. <https://doi.org/10.1007/s00436-019-06324-8>

Castro, R., Cavaleiro, F. I., Rangel, L. F., Rocha, S., Severino, R., Casal, G., & Santos, M. J. (2018). Parasitas mixozoários do robalo europeu, *Dicentrarchus labrax* (Teleostei: Moronidae): Correlatos de infecções nas escalas micro e macroambiental. *Aquaculture*, 485, 17–24. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.11.013>

Cavaleiro, B., Serrao, J., Nogueira, S., Ribeiro, L., Hermida, M., Cruz, C., Lisnerova, M., Fiala, I., & Saraiva, A. (2021). Survey of *Kudoa* spp. (Myxozoa, Cnidaria) in fishes from the Madeira Archipelago and the Portuguese mainland coast: detection of *Kudoa thyrsites* in new hosts *Scomber colias* and *Micromesistius poutassou*. *Folia parasitologica*, 68, 2021.003. <https://doi.org/10.14411/fp.2021.003>

Chaves, C. (2019). *Relatório da Campanha Demersal 2015*. Relatórios de Campanha, 41 p + 2 Anexos. Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Acedido em 12 de fevereiro de 2025, de <https://www.ipma.pt/export/sites/ipma/bin/docs/relatorios/pescas.mar/Campanha-Demersal-2015.pdf>

Čikeš Keč, V., & Zorica, B. (2012). Características reprodutivas de *Scomber japonicus* (Houttuyn, 1782) no Mar Adriático Oriental. *Journal of Applied Ichthyology*, 28, 15–21. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2011.01893.x>

Comissão Europeia. Direção-Geral de Comércio. (n.d.-b). *Glossário*. Acedido em 20 de março de 2025. <https://trade.ec.europa.eu/access-to-markets/pt/glossary?page=2&criteria=C>

Comissão Europeia. (n.d.-a). *Nomenclatura combinada (NC)*. Acedido em 20 de março de 2025, de <https://trade.ec.europa.eu/access-to-markets/pt/glossary?criteria=N>

Comissão Europeia. (2005). *Regulamento (CE) n.º 2074/2005 da Comissão, de 5 de dezembro de 2005, que estabelece medidas de execução para determinados produtos ao abrigo do Regulamento (CE) n.º 853/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho e para a organização de controlos oficiais ao abrigo dos Regulamentos (CE) n.º 854/2004 e n.º 882/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho, que derroga o Regulamento (CE) n.º 852/2004 e altera os Regulamentos (CE) n.º 853/2004 e (CE) n.º 854/2004*. Jornal Oficial da União Europeia, L 338, 27–59. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32005R2074>

Comissão Europeia. (2019). *Regulamento de Execução (UE) 2019/1014 da Comissão, de 12 de junho de 2019, que estabelece regras pormenorizadas sobre os requisitos mínimos respeitantes aos postos de controlo fronteiriços, incluindo os centros de inspeção, e ao formato, categorias e abreviaturas a utilizar nas listas de postos de controlo fronteiriços e de pontos de controlo*. Jornal Oficial da União Europeia, L 169, 1–15. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32019R1014>

Comissão Europeia. (2019). *Regulamento de Execução (UE) 2019/2129 da Comissão, de 25 de novembro de 2019, que estabelece regras para a aplicação uniforme das taxas de frequência dos controlos de identidade e dos controlos físicos de determinadas remessas de animais e mercadorias que entram na União*. Jornal Oficial da União Europeia, L 321, 122–127. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32019R2129>

Comissão Europeia. (2019). *Regulamento de execução (UE) 2019/2130 de 25 de novembro de 2019, que estabelece regras pormenorizadas sobre as operações a efetuar durante e após os controlos documentais, de identidade e físicos de animais e mercadorias sujeitos a controlos oficiais em postos de controlo fronteiriços*. Jornal Oficial da União Europeia, L 321, 12 de dezembro de 2019, pp. 128–138. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32019R2130>

Comissão Europeia. (2025). *Regulamento (UE) 2025/202 do Conselho, de 30 de janeiro de 2025, que fixa, para 2025 e 2026, as possibilidades de pesca aplicáveis nas águas da União para determinadas unidades populacionais de peixes e, para os navios de pesca da União, em*

certas águas não União, e que altera o Regulamento (UE) 2024/257 no que diz respeito às possibilidades de pesca para 2025. Jornal Oficial da União Europeia. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32025R0202>

Costa, A., Rocha, A., Pereira, B., Maia, C., Chaves, C., Silva, C., Rosa, D., Feijó, D., Mendes, H., Farias, I., Figueiredo, I., Wise, L., Gaspar, M., Alpoim, N., Coelho, R., Garrido, S., Moura, T., & Stratoudakis, Y. (2022). *Estado dos Stocks em 2020 e aconselhamento Científico para a sua gestão em 2021* [Review of *Estado dos Stocks em 2020 e aconselhamento Científico para a sua gestão em 2021*]. Relatórios e Científicos e Técnicos. <https://www.ipma.pt/export/sites/ipma/bin/docs/publicacoes/ipma/rct-ipma-sd-32.pdf>

Cruz, C., Vaz, A., & Saraiva, A. (2003). Occurrence of *Kudoa* sp. (Myxozoa) in *Trachurus trachurus* (Osteichthyes) in Portugal. *Parasite*, 10, 165–167. <https://doi.org/10.1051/parasite/2003102165>

Cruz, C., Silva, A., & Saraiva, A. (2011). Intensity of *Kudoa* sp. infection and alteration of muscle texture in *Sardina pilchardus* in Portugal. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 31, 205–210.

Decreto-Lei n.º 197/2005, de 8 de novembro. (2005). Estabelece o regime jurídico de controlo e segurança alimentar em Portugal. *Diário da República*. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/197-2005-583190>

Decreto-Lei n.º 24/2014, de 14 de fevereiro. (2014). Regulamenta as condições de higiene e segurança alimentar nos produtos da pesca. *Diário da República*. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/24-2014-572450>

DGRM (Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos). (2019). *Anexo I do Artigo 3º da Portaria n.º 587/2006*. *Diário da República*. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/587-2006-370869>

DGRM (Direção-Geral dos Recursos Marítimos). (2020). *Relatório anual frota de pesca portuguesa – 2020*. https://www.dgrm.pt/documents/20143/46307/PT-RELAT%C3%93RIO+FROTA_2020_final.pdf/f447cc3c-fb5d-9462-ffc3-c3d4d42b58c

Diamant, A., Ucko, M., Paperna, I., Colorni, A., & Lipshitz, A. (2005). *Kudoa iwatai* (Myxosporea: Multivalvulida) in wild and cultured fish in the Red Sea: redescription and molecular phylogeny. *Journal of Parasitology*, 91 (5), 1175-1189.

Docapesca. (2020, 27 de outubro). *Ficha de produto: Carapau*. https://www.docapesca.pt/uploads/FT_SA_G_039_V01_CARAPAU_FICHAPRODUTO_0d05aca95e.pdf?token=eyJhbGciOiJIUzI1NiIsInR5cCI6IkpXVCJ9.eyJmaWxlbmFtZSI6IkZUX1NBX0dfMDM5X1YwMV9DQVJBUEFVX0ZJQ0hBUFJPRFVUT18wZDA1YWNhOTVILnBkZiIsImhhdCI6MTcyMzE5NTE2NiwiZXhwIjoxNzIzMTk2MDY2fQ.3jcogOEF0VhaTJF9Xn2PpBJGVNA5aYnlXF6WkKTymf4

Docapesca. (2020, 28 de outubro). *Ficha de produto: Pargo sêmola*. https://www.docapesca.pt/uploads/FT_SA_G_076_V02_PARGOSEMOLA_FICHAPRODUTO_6571d2e49f.pdf?token=eyJhbGciOiJIUzI1NiIsInR5cCI6IkpXVCJ9.eyJmaWxlbmFtZSI6IkZUX1NBX0dfMDc2X1YwMI9QQVJHT1NFTU9MQV9GSUNIQVBST0RVVE9fNjU3MWQyZTQ5Zi5wZGYiLCJpYXQiOiJlMjM5NTE2NiwiZXhwIjoxNzIzMTk2MDY2fQ.3jcogOEF0VhaTJF9Xn2PpBJGVNA5aYnlXF6WkKTymf4

Docapesca. (2023, 10 de julho). *Ficha de produto: Cavala*. https://www.docapesca.pt/uploads/FT_SA_G_043_02_CAVALA_FICHAPRODUTO_4a098194d.pdf?token=eyJhbGciOiJIUzI1NiIsInR5cCI6IkpXVCJ9.eyJmaWxlbmFtZSI6IkZUX1NBX0dfMDQzXzAyX0NBVkFMQV9GSUNIQVBST0RVVE9fNGEwOThiMTk0ZC5wZGYiLCJpYXQiOiJlMjM5NTE2NiwiZXhwIjoxNzIzMTk2MDY2fQ.3jcogOEF0VhaTJF9Xn2PpBJGVNA5aYnlXF6WkKTymf4

Eiras, J. C., Saraiva, A., & Cruz, C. (2014). Synopsis of the species of *Kudoa Meglitsch, 1947* (Myxozoa: Myxosporidia: Multivalvulida). *Systematic parasitology*, 87(2), 153–180. <https://doi.org/10.1007/s11230-013-9461-4>

EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ). (2010). Scientific opinion on risk assessment of parasites in fishery products. *EFSA Journal*, 8(4), 1543. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1543>

El-Matbouli, M., Fischer-Scherl, T., & Hoffmann, R. W. (1992). Present knowledge on the life cycle, taxonomy, pathology, and therapy of some Myxosporidia spp. important for freshwater fish. *Annual Review of Fish Diseases*, 2, 367–402

Erzini, K., Gonçalves, J. M. S., & Bentes, L. (1997). Biology of *Trachurus trachurus* in the south coast of Portugal. *Journal of Applied Ichthyology*, 13(1), 27–37. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.1997.tb00007.x>

European Food Safety Authority. (2014). Scientific opinion on the health benefits of seafood consumption (fish and shellfish) compared to the health risks associated with exposure to methylmercury. *EFSA JOURNAL*, 12(7), Article 3761. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3761>

European Food Safety Authority. (2021, March 3). *Biological monitoring*. <https://www.efsa.europa.eu/en/data-report/biological-monitoring>

European Food Safety Authority, & BIOHAZ Panel. (2024). Re-evaluation of certain aspects of the EFSA scientific opinion of April 2010 on the risk assessment of parasites in fishery products, based on new scientific data. Part 2. *EFSA Journal*, 23 (5), 9090. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.9090>

Federação Europeia de Produtores de Aquacultura (FEAP). (2023). *Aquaculture in Europe: Facts and figures*. <https://feap.info> (Acedido em 30 de julho de 2025)

Feist, SW e Longshaw, M. (2006). Filo myxozoa. *Doenças e Distúrbios em Peixes. Volume 1: Infecções por Protozoários e Metazoários*, 230-296.

Ferreira, M. A., Johnson, D. E., & Andrade, F. (2022). The Need for a Global Ocean Vision Within Biodiversity Beyond National Jurisdiction: A Key Role for Strategic Environmental Assessment. *Frontiers in Marine Science*, 9. Article 928493. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.928493>

Fiala, I. (2006). The phylogeny of Myxosporidia (Myxozoa) based on small subunit ribosomal RNA gene analysis. *International Journal for Parasitology*, 36(14), 1521–1534. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2006.07.014>

FishBase. (2019). *Pagrus auriga Valenciennes, 1843*. <https://www.fishbase.se/summary/SpeciesSummary.php?ID=5066&AT=Pargo-sémola>

Food and Agriculture Organization. (2025). *Epinephelus aeneus* (Geoffroy St. Hilaire, 1817). In: *Pesca e Aquicultura*. [Cited May 23, 2025]. <https://www.fao.org/fishery/en/aqspecies/3072/en>

- Food and Agriculture Organization. (2025). *Pagrus auriga Valenciennes, 1843*. In: *Pesca e Aquicultura*. [Cited May 23, 2025]. <https://www.fao.org/fishery/en/aqspecies/3190/en>
- Food and Agriculture Organization. (2025). *Trachurus murphyi Nichols, 1920*. In: *Pesca e Aquicultura*. [Cited May 23, 2025]. <https://www.fao.org/fishery/en/aqspecies/2309/en>
- Francisco, C. (2022). Mixozoários causadores de enfermidades em peixes [Review of Mixozoários causadores de enfermidades em peixes]. *Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootécnica*, 101, 62. <https://vet.ufmg.br/wp-content/uploads/2023/03/cteletronico-101.pdf>
- Friend, S. E., Lewis, N. L., & Lovy, J. (2021). Myxozoan parasites vary in river herring according to life history stage and habitat. *Parasitology research*, 120(11), 3709–3723. <https://doi.org/10.1007/s00436-021-07329-y>
- Gascuel, D., & Ménard, F. (1997). Assessment of a multispecies fishery in Senegal, using production models and diversity indices. *Aquatic Living Resources*, 10(5), 281–288. <https://doi.org/10.1051/alr:1997031>
- Gilman, M. (1995). *Estudos sobre a parasitose de Sardina pilchardus (Walb., 1792) pelo Myxosporea Kudoa sp. ao longo da costa de Portugal* [Dissertação de mestrado, Universidade do Porto, Faculdade de Ciências]
- Gilman, M. M., & Eiras, J. C. (1998). *Kudoa sp. (Myxosporea, Multivalvulida) infectando Sardina pilchardus (Walb., 1792) na costa portuguesa. Pesquisa e Revisões em Parasitologia*, 58(2), 135–137.
- Giulietti, L., Mattiucci, S., Paoletti, M., Grevskott, D. H., Bao, M., Cipriani, P., & Levsen, A. (2019). Morphological and molecular identification of a new *Kudoa thyrsites* isolate in Mediterranean silver scabbardfish *Lepidopus caudatus*. *Diseases of aquatic organisms*, 132(2), 125–134. <https://doi.org/10.3354/dao03316>
- Giulietti, L., Karlsbakk, E., Cipriani, P., Shayo, SD, Storesund, JE, & Levsen, A. (2020). Caracterização molecular do parasita mioliquefativo de peixes *Kudoa mirabilis* (Cnidaria, Kudoidae) do sudoeste do Oceano Índico e sua relação filogenética com o complexo de espécies *Kudoa thyrsites*. *Microorganisms*, 8 (9), 1352. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8091352>

Giulietti, L., Nedberg, H. J., Karlsbakk, E., Marathe, N. P., Storesund, J. E., Mæhle, S., Fiksdal, I. U., Ghebretnsae, D. B., & Levsen, A. (2022). Distribution of *Kudoa thyrsites* (Cnidaria, Myxozoa) myoliquefactive stages in Northeast Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) inferred from qPCR and histology. *Parasitology Research*, 121 (8), 2325–2336. <https://doi.org/10.1007/s00436-022-07575-8>

Giulietti, L., Hernandez-Milian, G., Cipriani, P., et al. (2024a). Occurrence of the "soft flesh" condition induced by the parasite *Kudoa thyrsites* in the Iberian European sardine stock. *Parasitology Research*, 123, 412. <https://doi.org/10.1007/s00436-024-08436-2>

Giulietti, L., Benallal, M. R., Cipriani, P., Bao, M., Karlsbakk, E., Storesund, J. E., & Levsen, A. (2024b). Post-mortem 'soft flesh' in three commercial fish species from off Atlantic Morocco associated with the myxosporean parasites *Kudoa thyrsites* and *K. encrasicoli* (Myxozoa). *International Journal of Food Microbiology*, 411, 110520. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110520>

Glamuzina, B., Tutman, P., Gaffen, J., Kožul, V., & Boško, S. (2000). Primeiro registro de garoupa branca, *Epinephelus aeneus* (Serranidae) no sudeste do Adriático. *Cíbio*, 24 (3), 306-308.

Goater, T. M., Goater, C. P., & Esch, G. W. (2014). *Parasitism: The diversity and ecology of animal parasites* (pp. 96–110). Cambridge University Press.

Gökçe, M. A., Cengizler, İ., & Ozak, A. A. (2003). Histology of the gonads and spawning pattern of the white grouper (*Epinephelus aeneus*) from İskenderun Bay (Turkey). *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 27 (4), Article 26. <https://journals.tubitak.gov.tr/veterinary/vol27/iss4/26>

Golden, O., Araújo, A. C., Caldeira, A. J. R., & Santos, M. J. (2023). Consumo de peixe cru em Portugal: Espécies de peixe comumente consumidas e fatores de risco associados à anisakiase. *Food Control*, 145, 109457. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109457>

Grechina, A. S. (1998). Historia de las investigaciones y aspectos básicos de la ecología del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols)) en alta mar del Pacífico Sur. In D. Arcos & A. S. Grechina (Eds.), *Biología y pesca comercial del jurel en el Océano Pacífico Sur* (pp. 11–34). Instituto de Investigación Pesquera.

Grossel, G. W., Dykova, I., Handlinger, J., & Munday, B. L. (2003). *Pentacapsula neurophila* sp.n. (Multivalvulida) from the central nervous system of striped trumpeter, *Latris lineata* (Forster). *Journal of fish diseases*, 26(6), 315–320. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2761.2003.00459.x>

Gunter, N. L., Cribb, T. H., Whipps, C. M., & Adlard, R. D. (2006). Characterization of *Kudoa monodactyli* n. sp. (Myxosporea: Multivalvulida) from the Muscle of *Monodactylus argenteus* (Teleostei: Monodactylidae) from Moreton Bay, Queensland, Australia. *The Journal of eukaryotic microbiology*, 53(5), 374–378. <https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.2006.00115.x>

Gürkanlı, C. T., Okay, S., Çiftçi, Y., Yurakhno, V., & Özer, A. (2018). Morphology and molecular phylogeny of *Ortholinea mullusi* sp. nov. (Myxozoa) in *Mullus barbatus* from the Black Sea. *Diseases of aquatic organisms*, 127(2), 117–124. <https://doi.org/10.3354/dao03192>

Heckmann, R. A., & Jensen, L. A. (1978). The histopathology and prevalence of *Henneguya sebastae* and *Kudoa clupeiidae* in the rockfish, *Sebastes paucispinis* of Southern California. *Journal of wildlife diseases*, 14(2), 259–262. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-14.2.259>

Heemstra, P. C., & Randall, J. E. (1993). Groupers of the world. *FAO Fisheries synopsis*, 16(125), I.

Henning, SS, Hoffman, LC, & Manley, M. (2013). Uma revisão da mioliquefação induzida por *Kudoa* em espécies de peixes marinhos na África do Sul e em outros países. *South African Journal of Science*, 109 (11/12), 5. <https://doi.org/10.1590/sajs.2013/20120003>

Hervio, D. M. L., Khattra, J., Devlin, R. H., Kent, M. L., Sakanari, J., & Yokoyama, H. (1997). Taxonomy of *Kudoa* species (Myxosporea) using small ribosomal DNA sequence. *Canadian Journal of Zoology*, 75 (12), 2112-2119. <https://doi.org/10.1139/z97-846>

Holzer, A. S., Blasco-Costa, I., Sarabeev, V. L., Ovcharenko, M. O., & Balbuena, J. A. (2006). *Kudoa trifolia* sp. n. – Molecular phylogeny suggests a new spore morphology and an unusual tissue location for a well-known genus. *Journal of Fish Diseases*, 29 (12), 743-755. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2006.00770.x>

Hsieh, SR e Chen, CL (1984). *Septemcapsula yasunagai* gen. e sp. nov., representante de uma nova família da classe Myxosporea. *Acta Zootaxonomica Sinica*, 9, 225–227.

Hunter, J. R., & Kimbrel, C. A. (1980). Early life history of Pacific mackerel, *Scomber japonicus*. *Fishery Bulletin*, 78 (1), 1-29.

Ibrahim, M. M., Attia, M. M., Baghdadi, H. B., & Abdelsalam, M. (2024). First report of *Kudoa* species (Myxozoa, Multivalvulida) infection in purple-spotted Bigeye (*Priacanthus tayenus*) from the Saudi Arabian Gulf. *PloS one*, 19(1), e0295668. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295668>

Iglesías, R., Rangel, L. F., Fernández-Vázquez, F., et al. (2022). Morphometric and molecular characterization of *Kudoa encrasicoli* n. sp. (Myxozoa: Myxosporidia) from the European anchovy, *Engraulis encrasicolus* (L.) (Clupeiformes: Engraulidae). *Syst Parasitol*, 99, 621–636. <https://doi.org/10.1007/s11230-022-10051-7>

Instituto Nacional de Estatística (2024). Estatísticas da Pesca: 2023. Lisboa, Portugal: INE I.P., disponível em www.ine.pt/xurl/pub/439542305

International Union for Conservation of Nature. (2022). *The IUCN Red List of Threatened Species*. IUCN Red List. <https://www.iucnredlist.org/about/searching>

Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA). (n.d.). *Carapau-branco – Trachurus trachurus*. Acedido em 12 de fevereiro de 2025, de <https://www.ipma.pt/pt/pescas/recursos/carapau/>

Jiménez-Prado, P. J., & Béarez, P. (2004). *Peces marinos del Ecuador: Peixes continentais/marinos do Equador continental (Tomo II)*. SIMBIOE, IFEA, NAZCA. ISBN: 9978-43-532.

Jones, S. R. M., & Long, A. (2019). Host size influences prevalence and severity of *Kudoa thyrsites* (Cnidaria: Myxosporidia) infection in Atlantic salmon *Salmo salar*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 133(2), 99–105. <https://doi.org/10.3354/dao03335>

Kallert, D. M. (2006). *Life cycle studies and transmission mechanisms of myxozoan parasites* [Tese de doutoramento, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg].

Kallert, D. M., Ponader, S., Eszterbauer, E., El-Matbouli, M., & Haas, W. (2007). Transmission of myxozoans via actinospore: New insights into mechanisms and adaptations for host invasion. *Parasitology*, 134(12), 1741–1750. <https://doi.org/10.1017/S0031182007003290>

Kasai, A., Li, Y. C., Mafie, E., & Sato, H. (2016). Morphological and molecular genetic characterization of two *Kudoa* spp., *K. musculoliquefaciens*, and *K. pleurogrammi* n. sp. (Myxosporidia: Multivalvulida), causing myoliquefaction of commercial marine fish. *Parasitology research*, 115(5), 1883–1892. <https://doi.org/10.1007/s00436-016-4928-2>

Kasai, A., Setsuda, A., & Sato, H. (2017). Morphological and genetic characterization of *Kudoa whippsi* (Myxosporidia: Multivalvulida) from *Cheilodactylus zonatus* in the western Pacific Ocean off Japan, and two new *Kudoa* spp. (*K. akihitoi* n. sp. and *K. empressmichikoeae* n. sp.) from *Acanthogobius hasta* in the Sea of Ariake, Japan. *Parasitology research*, 116(2), 647–659. <https://doi.org/10.1007/s00436-016-5329-2>

Kawai, T., Sekizuka, T., Yahata, Y., Kuroda, M., Kumeda, Y., Iijima, Y., Kamata, Y., Sugita-Konishi, Y., & Ohnishi, T. (2012). Identification of *Kudoa septempunctata* as the causative agent of novel food poisoning outbreaks in Japan by consumption of *Paralichthys olivaceus* in raw fish. *Clinical infectious diseases: an official publication of the Infectious Diseases Society of America*, 54(8), 1046–1052. <https://doi.org/10.1093/cid/cir1040>

Kiparissis, S. E., Tserpes, G., & Tsimenidis, N. (2000). Aspects of the demography of the bogue (*Scomber japonicus* Houttuyn, 1782) in the Hellenic seas. *Belgian Journal of Zoology*, 130(S1), 3.

Køie, M., Whipps, C. M., & Kent, M. L. (2004). Marine myxozoans of Danish fishes: A study on host specificity and life cycle strategies. *International Journal for Parasitology*, 34(3), 329–342. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2003.11.012>

Konchina, G. V. (1980). The Peruvian jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*, a facultative predator in the coastal upwelling ecosystem. *Journal of Ichthyology*, 20(5), 46–59.

Koprivnikar, J., & Desser, S. S. (2002). A new form of raabeia-type actinosporean (Myxozoa) from the oligochaete *Uncinaiis uncinata*. *Folia parasitologica*, 49(2), 89–92. <https://doi.org/10.14411/fp.2002.017>

Kovaleva, A., Shulman, S., & Yakovlev, V. (1979). Myxosporidia of the genus *Kudoa* (Myxosporidia, Multivalvulida) from the basin of the Atlantic Ocean. In *Systematics and ecology of sporozoans and cnidosporidians (Trudy Zoologicheskogo Instituta Akademii Nauk SSSR, 87, 42–64)*

Kristmundsson, A., & Freeman, M. A. (2014). Negative effects of *Kudoa islandica* n. sp. (Myxosporidia: Kudoidae) on aquaculture and wild fisheries in Iceland. *International journal for parasitology. Parasites and wildlife*, 3(2), 135–146. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2014.06.001>

Kudo, R. R. (1919). *Studies on Myxosporidia* (Vol. 5). Biological Monographs, 241–503.

Lafferty, K. D., Harvell, C. D., Conrad, J. M., Friedman, C. S., Kent, M. L., Kuris, A. M., Powell, E. N., Rondeau, D., & Saksida, S. M. (2015). Infectious diseases affect marine fisheries and aquaculture economics. *Annual review of marine science*, 7, 471–496. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010814-015646>

Lavín, A., Moreno-Ventas, X., Ortiz de Zárate, V., Abaunza, P., & Cabanas, J. M. (2007, January 31). Environmental variability in the North Atlantic and Iberian waters and its influence on horse mackerel (*Trachurus trachurus*) and albacore (*Thunnus alalunga*) dynamics. *ICES Journal of Marine Science*. Oxford University Press (OUP). <http://doi.org/10.1093/icesjms/fsl042>

Lee, S., Yamamoto, A., & Yoon, H. (2017). Analysis of *Kudoa septempunctata* as a cause of foodborne illness based on epidemiological investigation results. *Epidemiology and Health*, 39, e2017031. <https://doi.org/10.4178/epih.e2017031>

Levsen, A., Jørgensen, A., & Mo, T. A. (2008). Occurrence of postmortem myoliquefactive kudoosis in Atlantic mackerel, *Scomber scombrus* L., from the North Sea. *Journal of fish diseases*, 31(8), 601–611. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2008.00937.x>

Li, X. B., He, J., Ma, R. R., Sun, F. Y., Wu, W. X., Luo, H. M., Bai, L. H., & Qian, D. (2022). Morphological Characterization and Molecular Phylogenetic Analysis of *Kudoa iwatai* from Large Yellow Croaker (*Larimichthys crocea*) as a New Host in China. *Animals: an open access journal from MDPI*, 12(9), 1145. <https://doi.org/10.3390/ani12091145>

Li, Y. C., Sato, H., Tanaka, S., Kamata, Y., Sugita-Konishi, Y., & Takeuchi, F. (2013). Characterization of the ribosomal RNA gene of *Kudoa neothunni* (Myxosporea: Multivalvulida) from tunas (*Thunnus* spp.) and *Kudoa scomberi* n. sp. from a mackerel (*Scomber japonicus*). *Parasitol. Res.*, *112*, 1991–2003. <https://doi.org/10.1007/s00436-013-3357-8>

Li, Y. C., Inoue, K., Zhang, J. Y., Wang, T., Li, J. Q., Zhang, Y. N., & Yokoyama, H. (2022). Descriptions of three new species and new host or distribution records of five *Kudoa* spp. (Myxozoa: Myxosporea: Multivalvulida) infecting commercial fishes from the South China Sea. *Acta Parasitol.*, *67*(3), 976–996. <https://doi.org/10.1007/s11686-022-00545-1>

Liu, Y., Lövy, A., Gu, Z., & Fiala, I. (2019). Phylogeny of Myxobolidae (Myxozoa) and the evolution of myxospore appendages in the *Myxobolus* clade. *Int. J. Parasitol.*, *49*(7), 523–530. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2019.02.009>

Lom, J., & Dyková, I. (2006). Myxozoan genera: Definition and notes on taxonomy, life-cycle terminology and pathogenic species. *Folia Parasitologica*, *53*(1), 1–36. <https://doi.org/10.14411/fp.2006.001>

Lom, J., & Nilsen, F. (2003). Fish microsporidia: Fine structural diversity and phylogeny. *International Journal for Parasitology*, *33*(2), 107–127. [https://doi.org/10.1016/S0020-7519\(02\)00252-7](https://doi.org/10.1016/S0020-7519(02)00252-7)

Luckhurst, B. E. (2009). First reported grouper spawning aggregation in Senegal. *SCRFA Bulletin*, (12), 1–7.

Mansour, L., Thabet, A., Chourabi, K., Harrath, A. H., Gtari, M., Al Omar, S. Y., & Ben Hassine, O. K. (2013). *Kudoa azevedoi* n. sp. (Myxozoa, Multivalvulida) from the oocytes of the Atlantic horse mackerel *Trachurus trachurus* (Perciformes, Carangidae) in Tunisian coasts. *Parasitology research*, *112*(4), 1737–1747. <https://doi.org/10.1007/s00436-013-3332-4>.

Market Data Forecast. (2024). *Europe aquaculture market report – Industry trends & forecast 2024 to 2029*. <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/europe-aquaculture-vaccines-market> (Acedido em 30 de julho de 2025)

Matsukane, Y., Sato, H., Tanaka, S., Kamata, Y., & Sugita-Konishi, Y. (2010). *Kudoa septempunctata* n. sp. (Myxosporea: Multivalvulida) from an aquacultured olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) imported from Korea. *Parasitology research*, 107(4), 865–872. <https://doi.org/10.1007/s00436-010-1941-8>

Matsukane, Y., Sato, H., Tanaka, S., Kamata, Y., & Sugita-Konishi, Y. (2011). *Kudoa iwatai* and two novel *Kudoa* spp., *K. trachuri* n. sp. and *K. thunni* n. sp. (Myxosporea: Multivalvulida), from daily consumed marine fish in western Japan. *Parasitology research*, 108(4), 913–926. <https://doi.org/10.1007/s00436-010-2133-2>

Martins, M. M., & Cardador, F. (1996). Abundance and distribution pattern of Spanish mackerel (*Scomber japonicus*) and mackerel (*Scomber scombrus*) in the Portuguese continental waters (ICES DIV. IXa). *Instituto de Investigação das Pescas e do Mar*. Pelagic Fish Committee, C.M. 1996/H:24.

Martins, M. M., Skagen, D., Marques, V., Zwolinski, J., & Silva, A. (2013). Alterações na abundância e distribuição espacial da cavala-do-atlântico (*Scomber colias*) no ecossistema pelágico e nas pescarias ao largo de Portugal. *Scientia Marina*, 77(4), 551–563. doi: 10.3989/scimar.03861.07B

Martins, R., & Carneiro, M. (2018). *Manual de identificação de peixes ósseos da costa continental portuguesa: Principais características diagnosticantes* (pp. 58–137). Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), I.P.

Menezes, J., Vigário, A. M., Moledo, A., & Pita, G. (1989). Recurso sardinha: Parasitose com incidência económica. *Pesca e Navegação*, 96, 22-24.

Ministério do Mar. (2021). *Proteger o mar* (pp. 1-200). IPMA, I.P. <https://www.ipma.pt/resources.www/docs/publicacoes.site/Proteger-O-Mar-Eletronico.pdf>

Monteiro, E. P., Da Silva, D. T., Sanches, O., Hamoy, I., & Matos, E. R. (2019). Morphological and molecular characteristics of *Kudoa viseuensis* n. sp. (Myxosporea: Multivalvulida), found in the muscle of *Batrachoides surinamensis* (Teleostei: Batrachoididae) in the Brazilian Amazon region. *Acta Protozoologica*, 58(1), 7–16. <https://doi.org/10.4467/16890027AP.19.002.10833>

Moran, J. D. W., Whitaker, D. J., & Kent, M. L. (1999). A review of the myxosporean genus *Kudoa Meglitsch*, 1947, and its impact on the international aquaculture industry and commercial fisheries. *Aquaculture*, 172(1-2), 163–196. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00437-2](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00437-2)

Naidjenova, N. N., & Zaika, V. E. (1970). Three new genera of myxosporean parasites of fish from the Indian Ocean. *Zoologicheskii Zhurnal*, 49, 451-454.

Nishioka, T., Satoh, J., Mekata, T., Mori, K., Ohta, K., Morioka, T., Lu, M., Yokoyama, H., & Yoshinaga, T. (2016). Efficacy of Sand Filtration and Ultraviolet Irradiation as Seawater Treatment to Prevent *Kudoa septempunctata* (Myxozoa: Multivalvulida) Infection in Olive Flounder *Paralichthys olivaceus*. *Fish Pathology*, 51(1), 23–27.

Ocean Panel. (2018). *The ocean as a solution to climate change: Five opportunities for action*. World Resources Institute. <https://www.oceanpanel.org/climate>

Ohnishi, T., Kikuchi, Y., Furusawa, H., Kamata, Y., & Sugita-Konishi, Y. (2013). *Kudoa septempunctata* invasion increases the permeability of human intestinal epithelial monolayer. *Foodborne pathogens and disease*, 10(2), 137–142. <https://doi.org/10.1089/fpd.2012.1294>

Okamura, B., Gruhl, A., & Bartholomew, J. L. (2015). *An introduction to myxozoan evolution, ecology and development*. In *Myxozoan Evolution, Ecology and Development* (pp. 1-20). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-11038-7_1

Okamura, B., Hartigan, A., & Naldoni, J. (2018). Extensive uncharted biodiversity: The parasite dimension. *Integrative and Comparative Biology*, 58(6), 1132–1145. <https://doi.org/10.1093/icb/icy039>

Oliveira, J. C., Velasco, M., Santos, P. F. S., Silva, J. M. V., São Clemente, S. C., & Matos, E. (2015). Infection by *Kudoa* spp. (Myxozoa) in the musculature of *Plagioscion squamosissimus* (Sciaenidae) from the Amazon region, Brazil. *Journal of Veterinary Parasitology*, 24(2), 235–240.

Ozturk, M., Dinh, H. Q., & Hazra, S. (2006). *Buffer systems and their role in biological sample preparation*. *Journal of Biomedical Science and Engineering*, 2(3), 123–129. Recuperado de <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=2764>

Park, K., Kim, W., & Kim, H. Y. (2014). Optimal lamellar arrangement in fish gills. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(22), 8067–8070. <https://doi.org/10.1073/pnas.1403621111>

Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. (2002). Regulamento (CE) n.º 178/2002 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 28 de janeiro de 2002, que determina os princípios e normas gerais da legislação alimentar, cria a Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos e estabelece procedimentos em matéria de segurança dos géneros alimentícios. *Jornal Oficial da União Europeia*, L 31, 1–24. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32002R0178>

Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. (2004). *Regulamento (CE) n.º 853/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de abril de 2004, que estabelece normas específicas de higiene para os géneros alimentícios de origem animal*. *Jornal Oficial da União Europeia*, L 139, 55–205. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32004R0853>

Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. (2004). *Regulamento (CE) n.º 854/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de abril de 2004, que estabelece regras específicas de organização dos controlos oficiais de produtos de origem animal destinados ao consumo humano*. *Jornal Oficial da União Europeia*, L 226, 83–106. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32004R0854>

Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. (2004). *Regulamento (CE) n.º 882/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de abril de 2004, relativo aos controlos oficiais destinados a assegurar a verificação do cumprimento da legislação em matéria de alimentos para animais e géneros alimentícios e das disposições relativas à saúde animal e ao bem-estar dos animais*. *Jornal Oficial da União Europeia*, L 165, 1–141. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32004R0882>

Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. (2009). *Regulamento (CE) n.º 1069/2009 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de outubro de 2009, que define regras sanitárias relativas a subprodutos animais e produtos derivados não destinados ao consumo humano e que revoga o Regulamento (CE) n.º 1774/2002*. *Jornal Oficial da União Europeia*, L 300, 1–33. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32009R1069>

Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. (2017). *Regulamento (UE) 2017/625 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de março de 2017, relativo aos controlos oficiais e outras atividades oficiais que visam assegurar a aplicação da legislação em matéria de*

gêneros alimentícios e alimentos para animais, bem como das regras sobre saúde e bem-estar animal, fitossanidade e produtos fitofarmacêuticos, que altera os Regulamentos (CE) n.º 999/2001, (CE) n.º 396/2005, (CE) n.º 1069/2009, (CE) n.º 1107/2009, (UE) n.º 1151/2012, (UE) n.º 652/2014, (UE) 2016/429 e (UE) 2016/2031 do Parlamento Europeu e do Conselho, os Regulamentos (CE) n.º 1/2005 e (CE) n.º 1099/2009 do Conselho, e as Diretivas 98/58/CE, 1999/74/CE, 2007/43/CE, 2008/119/CE e 2008/120/CE do Conselho, e que revoga os Regulamentos (CE) n.º 854/2004 e (CE) n.º 882/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho, as Diretivas 89/608/CEE, 89/662/CEE, 90/425/CEE, 91/496/CEE, 96/23/CE, 96/93/CE e 97/78/CE do Conselho e a Decisão 92/438/CEE do Conselho (Regulamento sobre os controlos oficiais). Jornal Oficial da União Europeia, L 95, 1–142. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32017R0625>

Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. (2019). *Regulamento (UE) 2019/1241 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de junho de 2019, que altera o Regulamento (UE) n.º 1380/2013 no que diz respeito ao impacto ambiental das medidas de conservação*. Jornal Oficial da União Europeia, L 198, 25–42. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32019R1241>

Perrotta, R. G., Viñas, M. D., Hernandez, D. R., & Tringali, L. (2001). Temperature conditions in the fishing ground of the Argentine mackerel (*Scomber japonicus*): implications for fishery management. *Fisheries Oceanography*, 10(3), 275-283. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.2001.00171.x>

Pollard, D. A., Francour, P., & Fennessy, S. (2018). *Epinephelus aeneus*. In *The IUCN Red List of Threatened Species 2018* (e.T132722A100459597). <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T132722A100459597.en>

Portaria n.º 255/2022. (2022). *Estabelece o regime jurídico da pesca e fixa o tamanho mínimo de captura*. *Diário da República*, 2.ª série, n.º 207, pp. 6–10. Acedido em 12 de fevereiro de 2025, de <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/255-2022-202709177>

Poulin, E., Cárdenas, L., Hernández, C. E., Kornfield, I., & Ojeda, F. P. (2004). Resolution of the taxonomic status of Chilean and Californian mackerels using mitochondrial DNA sequence. *Journal of Fish Biology*, 65(4), 1160-1164. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2004.00514.x>

Prunescu, C. C., Prunescu, P., Pucek, Z., & Lom, J. (2007). The first finding of myxosporean development from plasmodia to spores in terrestrial mammals: *Soricimyxum fegati* gen. et sp.

n. (Myxozoa) from *Sorex araneus* (Soricomorpha). *Folia Parasitologica*, 54(3), 159–164. <https://doi.org/10.14411/fp.2007.022>

Radman, N. E., Gamboa, M. I., & Mastrantonio Pedrina, F. L. (2023). Parasitologia comparada. *Modelos parasitários: Parte I. Protozoário*. Editorial da Universidade Nacional de La Plata (EDULP). <https://sedici.unlp.edu.ar/>

Rangel, L. F., Santos, M. J., & Castro, R. (2009). Myxozoan parasites in marine fishes: A review. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 18(3), 117–127. <https://doi.org/10.4322/rbpv.01803001>

Rangel, L. F., Rocha, S., Castro, R., Severino, R., Casal, G., Azevedo, C., Cavaleiro, F., & Santos, M. J. (2015). The life cycle of *Ortholinea auratae* (Myxozoa: Ortholineidae) involves an actinospore of the triactinomyxon morphotype infecting a marine oligochaete. *Parasitology research*, 114(7), 2671–2678. <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4472-5>

Rangel, L. F., Castro, R., Rocha, S., Severino, R., Casal, G., Azevedo, C., Cavaleiro, F., & Santos, M. J. (2016). Tetractinomyxon stages genetically consistent with *Sphaerospora dicentrarchi* (Myxozoa: Sphaerosporidae) found in *Capitella* sp. (Polychaeta: Capitellidae) suggest potential role of marine polychaetes in parasite's life cycle. *Parasitology*, 143(8), 1067–1073. <https://doi.org/10.1017/S0031182016000512>

Reimschuessel, R., Giesecker, C. M., Driscoll, C., Baya, A., Kane, A. S., Blazer, V. S., Evans, J. J., Kent, M. L., Moran, J. D., & Poynton, S. L. (2003). Myxosporean plasmodial infection associated with ulcerative lesions in young-of-the-year Atlantic menhaden in a tributary of the Chesapeake Bay, and possible links to *Kudoa clupeiidae*. *Diseases of aquatic organisms*, 53(2), 143–166. <https://doi.org/10.3354/dao053143>

Riede, K. (2004). *Registo global de espécies migratórias: da escala global à regional: relatório final do Projeto de P&D 808 05 081*. Agência Federal para a Conservação da Natureza. ISBN 3784338453.

Riutort, J. J. (2012). Première signalisation d'*Epinephelus aeneus* (Geoffroy St. Hilaire, 1817) (Perciformes, Serranidae) dans les eaux méditerranéennes françaises. *Bulletin de la Société des Sciences Historiques et Naturelles de la Corse*, 738-739, 183-192.

Rocha, S., Alves, Â., Antunes, C., Azevedo, C., & Casal, G. (2019). Molecular data infers the involvement of a marine aurantiactinomyxon in the life cycle of the myxosporean parasite *Paramyxidium giardi* (Cnidaria, Myxozoa). *Parasitology*, *146*(12), 1555–1563. <https://doi.org/10.1017/S0031182019000866>

Rumolo, P., Basilone, G., Fanelli, E., Barra, M., Calabrò, M., Genovese, S., Gherardi, S., Ferreri, R., Mazzola, S., & Bonanno, A. (2017). Linking spatial distribution and feeding behavior of Atlantic horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Strait of Sicily (Central Mediterranean Sea). *Journal of Sea Research*, *121*, 47–58. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2017.01.002>

Sackville, M. A., J. Andrew Gillis, & Brauner, C. J. (2024). The origins of gas exchange and ion regulation in fish gills: evidence from structure and function. *Journal of Comparative Physiology. B, Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology*. <https://doi.org/10.1007/s00360-024-01545-5>

Sakai, H., Kato, E., Sakaguchi, S., Setsuda, A., & Sato, H. (2018). Morphological and molecular genetic characterization of *Kudoa konishiae* n. sp. (Myxosporea: Multivalvulida) in the muscle of Japanese Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*). *Parasitology research*, *117*(3), 893–904. <https://doi.org/10.1007/s00436-018-5770-5>

Sakai, H., Kawai, T., Zhang, J., & Sato, H. (2019). New host records of three *Kudoa* spp. (*K. yasunagai*, *K. thalassomi*, and *K. igami*) with notable variation in the number of shell valves and polar capsules in spores. *Parasitology Research*, *118*, 143–157. <https://doi.org/10.1007/s00436-018-6112-4>

Serra, J. R. (1991). Important life history aspects of the Chilean jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. *Investigaciones Pesqueras (Chile)*, *36*, 67–83.

Sitjà-Bobadilla A. (2008). Fish immune response to Myxozoan parasites. *Parasite (Paris, France)*, *15*(3), 420–425. <https://doi.org/10.1051/parasite/2008153420>

Sitjà-Bobadilla A. (2009). Can myxosporean parasites compromise fish and amphibian reproduction? *Proceedings. Biological sciences*, *276*(1669), 2861–2870. <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.0368>

Shamsi, S., & Barton, D. P. (2024). Exploring the potential role of the genus *Kudoa* (Myxosporea: Kudoidae) as an emerging seafood-borne parasite in humans. *Current Clinical Microbiology Reports*, 11, 107–114. <https://doi.org/10.1007/s40588-024-00220-1>

Shirakashi, S., Morita, A., Ishimaru, K., & Miyashita, S. (2012). Infection dynamics of *Kudoa yasunagai* (Myxozoa: Multivalvulida) infecting brain of cultured yellowtail *Seriola quinqueradiata* in Japan. *Diseases of aquatic organisms*, 101(2), 123–130. <https://doi.org/10.3354/dao02513>

Shirakashi, S., Shin, S. P., Mekata, T., & Kiryu, I. (2021). *Kudoa septempunctata* (Myxozoa: Multivalvulida) infections in wild grass puffer *Takifugu alboplumbeus* and Japanese whiting *Sillago japonica*. *Fish Pathology*, 56(3), 140-148. <https://doi.org/10.3147/jsfp.56.140>

St-Hilaire, S., Hill, M., Kent, M. L., Whitaker, D. J., & Ribble, C. (1997). A comparative study of muscle texture and intensity of *Kudoa thyrsites* infection in farm-reared Atlantic salmon *Salmo salar* on the Pacific coast of Canada. *Diseases of Aquatic Organisms*, 31(3), 221-225. <https://doi.org/10.3354/dao031221>

Sugita-Konishi, Y., Sato, H., & Ohnishi, T. (2014). New foodborne illness associated with the consumption of raw olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Food Safety*, 2(4), 141-150. <https://doi.org/10.14252/foodsafetyfscj.2014026>

Suzuki, J., Murata, R., Yokoyama, H., Sadamasu, K., & Kai, A. (2015). Taxa de detecção de *Kudoa hexapunctata*, causadora de diarreia, em atum-azul do Pacífico (*Thunnus orientalis*) de águas japonesas. *International Journal of Food Microbiology*, 194, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.11.019>

Swearer, S. E., & Robertson, D. R. (1999). Life history, pathology, and description of *Kudoa ovivora* n. sp. (Myxozoa, Myxosporea): an ovarian parasite of Caribbean labroid fishes. *The Journal of parasitology*, 85(2), 337–353. <https://doi.org/10.2307/3285656>

Tachibana, T., & Watari, T. (2021). A novel case of food poisoning caused by the consumption of Pacific bluefin tuna infected with *Kudoa hexapunctata*. *Clinical case reports*, 9(6), e04222. <https://doi.org/10.1002/ccr3.4222>

Takashima, Y., Suda, T., Oishi, N., & Matsushita, E. (2021). A rare case of food poisoning by *Kudoa hexapunctata*. *BMJ case reports*, 14(9), e246111. <https://doi.org/10.1136/bcr-2021-246111>

Thiao, D., Chaboud, C., Samba, A., Laloë, F., & Cury, P. (2012). Economic dimension of the collapse of the "false cod" *Epinephelus aeneus* in the context of ineffective management of artisanal fishing in Senegal. *African Journal of Marine Science*, 34(3), 305–311. <https://doi.org/10.2989/1814232X.2012.725277>

Vaz, A. (2000). Parasitoses provocadas por *Kudoa* (Myxosporea) e larvas de Anisakidae em *Trachurus trachurus* em Portugal (pp. 28–48) [Thesis Parasitoses provocadas por *Kudoa* (Myxosporea) e larvas de Anisakidae em *Trachurus trachurus* em Portuga]. https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/9904/3/2955_TM_01_P.pdf

Videira, M., Velasco, M., Sanches, O., Matos, P., Santos, P. S., & Matos, E. (2020). First report of *Kudoa* sp. in the palate and pharyngeal musculature of *Gobioides grahamae* Palmer and Wheeler, 1955 (Perciformes, Gobiidae) from Marajó Island, Brazil. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 72(2), 517–522. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11081>

Vijayan, M. M., Aluru, N., & Leatherland, J. F. (2010). Stress response and the role of cortisol. In *Fish diseases and disorders* (Vol. 2, pp. 182–201). <https://doi.org/10.1079/9781845935535.0182>

Whipps, C. M., Gossel, G., Adlard, R. D., Yokoyama, H., Bryant, M. S., Munday, B. L., & Kent, M. L. (2004). Phylogeny of the multivalvulidae (Myxozoa: Myxosporea) based on comparative ribosomal DNA sequence analysis. *The Journal of parasitology*, 90(3), 618–622. <https://doi.org/10.1645/GE-153R>

Whipps, C. M., & Diggles, B. K. (2006). *Kudoa alliaris* in flesh of Argentinian hoki *Macruronus magellanicus* (Gadiformes; Merlucciidae). *Diseases of aquatic organisms*, 69(2–3), 259–263. <https://doi.org/10.3354/dao069259>

Whipps, C. M., & Kent, M. L. (2006). Phylogeography of the cosmopolitan marine parasite *Kudoa thyrsites* (Myxozoa: Myxosporea). *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 53(5), 364–373. <https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.2006.00110.x>

Yamamoto, S., Kawano, F., Yokoyama, H., & Kobayashi, S. (2020). Effects of *Kudoa septempunctata* infections in a human intestinal epithelial model (Caco-2): a DNA microarray study. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 84(5), 1030–1038. <https://doi.org/10.1080/09168451.2019.1709791>

Yokoyama, H., Grabner, D. S., & Shirakashi, S. (2017). Transmission biology of the Myxozoa. In B. Okamura, A. Gruhl, & J. L. Bartholomew (Eds.), *Myxozoan Evolution, Ecology and Development* (pp. 235–263). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46882-4_12

Yokoyama, H., Suzuki, J., & Shirakashi, S. (2014). *Kudoa hexapunctata* n. sp. (Myxozoa: Multivalvulida) from the somatic muscle of Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* and re-description of *K. neothunni* in yellowfin tuna *T. albacares*. *Parasitology international*, 63(4), 571–579. <https://doi.org/10.1016/j.parint.2014.03.006>

Yokoyama, H., Yanagida, T., & Takemaru, I. (2006). The first record of *Kudoa megacapsula* (Myxozoa: Multivalvulida) from farmed yellowtail *Seriola quinqueradiata* originating from wild seedlings in South Korea. *Fish Pathology*, 41(4), 159–163. <https://doi.org/10.3147/jsfp.41.159>

