



UFC

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

CENTRO DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

LARISSA ARAÚJO DE JESUS

**ANÁLISE DOS EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO GÊNERO *OCTOPUS*
(OCTOPODIDAE, CEPHALOPODA): UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

FORTALEZA

2025

LARISSA ARAÚJO DE JESUS

ANÁLISE DOS EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO GÊNERO *OCTOPUS*
(OCTOPODIDAE, CEPHALOPODA): UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Graduação em Ciências Biológicas do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharelado em Ciências Biológicas

Orientador: Prof^ª. Dra. Helena Matthews Cascon

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

J56a

Jesus, Larissa Araújo de.

Análise dos efeitos das mudanças climáticas no gênero OCTOPUS (OCTOPODIDAE, CEPHALOPODA) : uma revisão bibliográfica / Larissa Araújo de Jesus. – 2025.
67 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Ciências Biológicas, Fortaleza, 2025.

Orientação: Profa. Dra. Helena Matthews Cascon.

1. Impactos. 2. Aquecimento. 3. Polvos. 4. Desenvolvimento. . 5. Distribuição. I. Título.

CDD 570

LARISSA ARAÚJO DE JESUS

ANÁLISE DOS EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO GÊNERO *OCTOPUS*
(OCTOPODIDAE, CEPHALOPODA): UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Graduação em Ciências Biológicas do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharelado em Ciências Biológicas

Orientador: Prof^ª. Dra. Helena Matthews Cascon

Aprovada em: __/__/__.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dra. Helena Matthews Cascon (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Cristiane Xerez Barroso
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Me. Marianny Kellen Silva Lima
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, à minha madrinha Ana Roberta e padrinho Edison Roberto por me ensinar, mas especialmente à minha mãe, por todas as oportunidades que ela tornou possível, por me amar e cuidar e permitir que agora eu cuide dela.

À todas as minhas amigas, mas em especial agradeço à Mazda Ribeiro, Lissa Nunes e Evelyn Luan Fontenelle por todo o amor, carinho, apoio e risadas que me dão energia para continuar a mais de 10 anos. Agradeço também às amigas mais recentes, principalmente Izamara Sousa e Mia Montenegro, que em tão pouco tempo ganharam um espaço tão importante na minha vida acadêmica e um desejo de muitos anos de afeição.

Agradeço à Prof^a. Dra. Helena Matthews Cascon, não somente pela orientação, mas também pela paciência e empatia. Também agradeço aos membros participantes na banca examinadora, pela presença e colaboração.

“[...] Mas esta noite ele está vivo e no campo ao norte, com sua mãe. É uma noite perfeita de verão: a lua crescente sobre o pomar, o vento na grama. E quando ele olha para o céu, há duas vezes mais estrelas do que o usual.” (Gilpin, Laura, **O bezerro de duas cabeças, The Hocus Pocus Of The Universe**, 1977).

RESUMO

O impacto das atividades humanas nos oceanos nas últimas décadas trouxe mudanças para suas teias alimentares, habitats e processos bioquímicos, agravados a cada década com alterações e eventos climáticos. Essas alterações são os principais motores ambientais que induzem ecossistemas e espécies a ultrapassar seus limites, tirando-os de seus estados estáveis. Os organismos irão responder às mudanças de acordo com suas adaptações fisiológicas e comportamentais, neste contexto, alguns grupos, como é o exemplo dos polvos, apresentam certas vantagens que podem inicialmente beneficiá-los. O gênero *Octopus* é o maior dentro da família Octopodidae, que por si é considerada a maior família dentro de Cephalopoda, esses animais possuem alta plasticidade ambiental, ciclos de vida curtos, taxas de fertilidade elevadas e a maioria das espécies apresentam ampla faixa de tolerância à temperatura e outros fatores. Essas características fizeram com que esses grupos fossem sugeridos como candidatos à “vencedores” em cenários de mudanças climáticas, no entanto o potencial que essas mudanças têm em cefalópodes ainda precisa ser mais estudado. Este trabalho apresentou uma revisão apontando os efeitos que mudanças climáticas possuem no gênero *Octopus*, dentro do conhecimento atual, apontando para impactos na fertilidade e performance reprodutiva de fêmeas e machos, no desenvolvimento embrionário, fase paralarval, taxas de crescimento e em sua distribuição geográfica, além de demonstrar que apesar de alguns possuírem vantagens iniciais, estas podem não se prolongar a medida que cenários de mudanças climáticas aumentam de severidade.

Palavras-chave: Impactos, aquecimento, polvos, desenvolvimento, distribuição

ABSTRACT

The impact of human activities on the oceans in recent decades has brought changes to their food webs, habitats, and biochemical processes, exacerbated each decade by climate change and events. These changes are the main environmental drivers that force ecosystems and species to exceed their limits, removing them from their stable states. Organisms will respond to changes according to their physiological and behavioral adaptations. In this context, some groups, such as octopuses, have certain advantages that may initially benefit them. The genus *Octopus* is the largest within the family Octopodidae, which itself is considered the largest family within Cephalopoda. These animals possess high environmental plasticity, short life cycles, high fertility rates, and most species have a wide range of tolerance to temperature and other factors. These characteristics have led these groups to be suggested as candidates for "winners" in climate change scenarios. However, the potential of these changes in cephalopods still requires further study. This work presented a review pointing out the effects that climate change has on the genus *Octopus*, within current knowledge, pointing to impacts on the fertility of females and males, reproductive performance of males, embryonic development, paralarval phase, growth rates and their geographic distribution, in addition to demonstrating that although some have initial advantages, these may not last as climate change scenarios increase in severity.

Keywords: Impacts, ocean warming, octopuses, development, distribution

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Mapa conceitual descrevendo o nível de importância ecossistêmica que a classe cephalopoda possui globalmente	19
Figura 2	– Diagrama conceitual demonstrando os principais efeitos discutidos e suas relações	20
Figura 3	– Distribuição de espécies do gênero <i>Octopus</i>	26
Figura 4	– Distribuição do Complexo de espécies <i>Octopus vulgaris</i>	28
Figura 5	– Projeções de mudanças de distribuição de <i>Octopus vulgaris</i>	30
Figura 6	- Projeções de mudanças de distribuição de <i>Octopus americanus</i>	32
Figura 7	- Projeções de mudanças de distribuição de <i>Octopus tetricus</i>	34
Figura 8	– Projeções de mudanças de distribuição de <i>Octopus sinensis</i>	35
Figura 9	– Projeções de mudanças de distribuição de <i>Octopus djinda</i>	37
Figura 10	– Projeções de mudanças de distribuição de <i>Octopus aff. vulgaris</i>	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Variações com maior contribuição para a distribuição do Complexo de espécies <i>Octopus vulgaris</i>	28
----------	--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FAO	Food and Agriculture Organization
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
OVSC	Octopus Vulgaris Species Complex
RCP	Representative Concentration Pathway
WoRMS	World Register of Marine Species
WoS	Web of Science

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	As mudanças climáticas em ecossistemas e organismos marinhos	14
1.2	A família Octopodidae (Octopoda, Cephalopoda) e as mudanças climáticas	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo geral	17
2.2	Objetivos específicos	17
3	METODOLOGIA	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1	Dinâmicas populacionais	19
4.2	Desenvolvimento e Reprodução	20
4.3	Distribuição	26
4.3.1	A distribuição de <i>Octopus</i>	26
4.3.2	Previsões de distribuição do complexo de espécies <i>Octopus vulgaris</i>	27
4.3.2.1	<i>Octopus vulgaris s. s.</i>	29
4.3.2.2	<i>Octopus americanus</i>	31
4.3.2.3	<i>Octopus tetricus</i>	33
4.3.2.4	<i>Octopus sinensis</i>	34
4.3.2.5	<i>Octopus djinda</i>	36

4.3.2.6	<i>Octopus aff. vulgaris</i>	37
4.4	O exemplo de <i>Octopus insularis</i> e <i>Octopus maya</i> para comparação de aptidão: Distribuição e reprodução	38
4.5	Pesca e Superexploração	43
4.6	Perspectivas de pesquisas com <i>Octopus</i>	44
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
6	REFERÊNCIAS	47
	APÊNDICE A - GRÁFICO COM A DIVERSIDADE DA FAMÍLIA OCTOPODIDAE	63
	ANEXO A - MAPEAMENTO DE <i>HOTSPOTS</i> DE DIVERSIDADE DO GÊNERO <i>OCTOPUS</i>	64

1 INTRODUÇÃO

1.1 As mudanças climáticas em ecossistemas e organismos marinhos

Atividades humanas vêm substancialmente alterando os oceanos nas últimas décadas, alterando teias alimentares marinhas, habitats e processos bioquímicos (Doubleday et al., 2016). A emissão de gases estufa têm causado o aquecimento do planeta, com a temperatura global terrestre aumentando cerca de 1.1 °C (IPCC-2023). As concentrações de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera tiveram aumento de mais de 40%, indo de 280 ppm para mais de 400 ppm desde o começo da revolução industrial (Pachauri et al., 2014; Alba, J., 2020). Essas mudanças causadas por ação humana já estão afetando muitos climas e eventos climáticos em todas as regiões do globo, trazendo impactos adversos relacionados a danos e perdas para a natureza e pessoas (IPCC-2023). Se mantivermos a atual trajetória, é previsto que os níveis de CO₂ atingirão mais de 1000 ppm ao fim do século (Pachauri et al., 2014; Alba, J., 2020).

A pressão parcial de CO₂ na superfície do mar possui equilíbrio aproximado com o CO₂ atmosférico, onde a pressão de CO₂ do oceano aumenta proporcionalmente com as concentrações atmosféricas (Doney et al., 2012; Alba, J., 2020). O oceano absorve o excesso de CO₂, causando mudanças na química marinha (Doney et al., 2009; Branch et al., 2013). Quando o CO₂ é absorvido, ele reage com a água formando ácido carbônico (H₂CO₃), que se dissocia em um íon de bicarbonato (HCO₃⁻) e em um próton (H⁺) (Alba, J., 2020). O aumento na concentração de H⁺ causa a diminuição do pH da água do mar (Riebesell et al., 2011; Alba, J., 2020). Essa diminuição de pH no oceano devido ao aumento de CO₂ atmosférico é conhecida como acidificação dos oceanos (Doney et al., 2009; Alba, J., 2020). Outra mudança é a redução no estado de saturação de formas biologicamente úteis de carbonato de cálcio (CaCO₃), trazendo dificuldades para organismos que dependem de níveis estáveis de saturação para a calcificação de estruturas, como, por exemplo corais, bivalves, gastrópodes e pterópodes (Hofmann et al., 2010; Branch et al., 2013).

Adicionalmente, segundo dados do relatório do IPCC AR6, a temperatura do mar aumentou em média 0.88 °C entre 2011 e 2020, isso se deve ao fato de que o excesso de calor, decorrente do aumento da temperatura terrestre, é absorvido pelo oceano (Doney et al., 2012; Alba, J., 2020). Esse aquecimento, somado a alterações na circulação oceânica (também acarretadas por mudanças climáticas), levam à redução das concentrações de oxigênio na

superfície marinha. O entendimento do funcionamento da bioquímica marinha tem relevância crescente para a sanidade desses ecossistemas, estratégias de mitigação de impactos climáticos e sustentabilidade planetária (Doney et al., 2010). Afinal, mudanças na química e temperatura podem afetar uma grande variedade de espécies marinhas alterando sua performance fisiológica individual, seu comportamento, desenvolvimento e suas dinâmicas tróficas e populacionais acarretando em mudanças no funcionamento e biodiversidade de seus ecossistemas (Doney et al., 2009; Doney et al., 2012; Alba, J., 2020).

As alterações climáticas são um dos principais motores ambientais que levam os sistemas ecológicos a ultrapassar limites, resultando em uma transição rápida e potencialmente irreversível de estado estável para um estado com propriedades drasticamente diferentes (André et al., 2010). A performance fisiológica é a principal determinante para a tolerância de espécies à variabilidade ambiental, à medida que o clima e outras mudanças ocorrem, os organismos irão responder inicialmente de acordo com suas adaptações fisiológicas e comportamentais adquiridas em sua história evolutiva (Somero G.N., 2012) Mudanças ambientais podem beneficiar espécies ou populações em prazos e condições específicas. Segundo Doney et al. (2012). Tais grupos podem experimentar aumento na taxa de sobrevivência, no entanto, estresse causado por quebra de limite de tolerância pode levar esses organismos a enfrentar maiores taxas de mortalidade, reduções de tamanho e aumento de reprodução. Além disso, a ideia de um grupo ser considerado “vencedor”, mesmo por curto período, em cenários desafiadores, leva à conclusão de que “perdedores” também podem ser apontados, onde a incapacidade de adaptação aos possíveis cenários extremos pode levar a migrações, morte, e extinção local de espécies.

1.2 A família Octopodidae (Octopoda, Cephalopoda) e as mudanças climáticas

A classe Cephalopoda é uma das mais diferentes morfologicamente entre os grupos de invertebrados (Hanlon & Messenger, 2018; Borges et al., 2023). Existem mais de 800 espécies vivas descritas de cefalópodes, incluindo polvos, lulas, sépias e náutilos, demonstrando uma ampla variedade de diferentes tamanhos e arranjos anatômicos, assim como um conjunto diverso de comportamentos (Villanueva et al., 2017; Borges et al., 2023). São organismos exclusivamente marinhos, embora haja registros esporádicos de polvos em ambientes estuarinos, inclusive no Nordeste brasileiro (Boyle & Rodhouse, 2005). Possuem

um papel ecológico extremamente importante, tanto como predadores quanto como presas em teias alimentares marinhas, ao mesmo tempo, são altamente valorizadas em pescarias em todo o mundo, tanto em alta escala quanto na pesca artesanal (González & Pierce, 2021).

A maior família da classe Cephalopoda é a família Octopodidae (Nixon & Young, 2005), os membros desse táxon vivem em águas costeiras, sendo encontrados em todo o mundo, do Ártico à Antártica. Os adultos possuem habitat bentônico com distribuição vertical iniciando nas zonas litorâneas até profundidades abissais (Nixon & Young, 2005). A família Octopodidae possui 23 gêneros (apêndice A), no entanto neste trabalho vamos nos deter somente ao gênero *Octopus* (26 junho 2025 Wo RMS).

A morfologia diversa dos cefalópodes permitiu que eles ocorram em uma grande variedade de habitats marinhos (O'Dor & Webber, 1991; Borges et al., 2023), adicionalmente são animais que possuem altíssima flexibilidade fenotípica e conseqüentemente alta plasticidade ambiental (Liscovitch-Brauer et al., 2017). Acredita-se que essas características juntamente com seus ciclos de vida mais curtos e taxas de fecundação mais elevadas tornam sua adaptação mais facilitada e rápida comparada a outros predadores e competidores (Rosa et al., 2019). Em 2016 já havia estudos para a crescente especulação da proliferação de cefalópodes em resposta a ambientes em mudança (Doubleday et al., 2016), uma percepção incentivada pelo aumento dos estoques de pesca desses animais (Caddy & Rodhouse, 1998), apesar de Rodhouse et al (2014) já descrever mudanças climáticas antropogênicas, especialmente o aquecimento do oceano, como fatores plausíveis para o aumento observado, o potencial direto que essas mudanças podem apresentar em cefalópodes ainda não é totalmente compreendido (Borges et al., 2023).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho teve como objetivo reunir, por meio do estudo de bibliografia, os efeitos e impactos que as mudanças climáticas podem inferir sobre as espécies do gênero *Octopus*, (Octopodidae, Cephalopoda), apresentando cenários atuais e futuros e revisando o conhecimento sobre o tema.

2.2 Objetivos específicos

- Estabelecer e analisar conexões entre os diferentes impactos ecológicos para *Octopus*, Octopodidae encontrados na bibliografia;
- Demonstrar a importância ecossistêmica desses animais e o impacto que mudanças climáticas em suas populações;
- Destacar a relevância para a pesquisa de polvos, assim como de outros cefalópodes e invertebrados;
- Identificar pontos que necessitam de maior atenção para pesquisas futuras.

3 METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão bibliográfica descritiva, com o objetivo de identificar produções científicas em periódicos nacionais e internacionais sobre os efeitos das mudanças climáticas no gênero *Octopus*. Os dados utilizados foram obtidos a partir da análise de artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso (TCC), dissertações e teses disponíveis na internet, para isso foram utilizados bases de dados como *Science Direct*, *Scielo*, *Frontiers*, Biblioteca Virtual da Universidade Federal do Ceará (UFC), através da ferramenta de busca *Google Scholar*. A coleta de referências foi realizada em duas etapas.

Na primeira etapa foram utilizadas combinações de palavras-chave, como “Cephalopoda”, “Octopodidae”, “*Octopus*”, “polvos”, “efeitos”, “mudanças climáticas”, “impactos”, “aquecimento do oceano” e “acidificação do oceano”. Essas palavras foram utilizadas tanto em português quanto em inglês para melhor quantidade de material. Os trabalhos foram selecionados de acordo com ano de publicação, onde estudos realizados entre os anos 2010 e 2024 tiveram maior prioridade, outro critério de seleção sendo a presença das palavras-chave no resumo dos estudos. Os trabalhos selecionados para leitura foram organizados em planilha eletrônica de acordo com as seguintes variáveis: título, autoria, ano de publicação, grupo taxonômico (de classe a espécie) e assunto principal. Apesar deste trabalho ter como foco o grupo *Octopus*, trabalhos que demonstraram padrões e efeitos gerais para toda a classe Cephalopoda ou toda a família Octopodidae também foram selecionados, tornando necessário inserir a variável do grupo taxonômico para melhor organização de dados.

Após a leitura dos artigos, foi iniciada a segunda etapa, onde foram feitas novas coletas de textos utilizando novas palavras-chave derivadas das informações inseridas na variável “assunto principal”. Essa etapa foi realizada para que fosse possível conhecimento mais aprofundado de cada efeito encontrado na primeira etapa. As palavras-chave selecionadas foram: “comportamento predatório”, “alimentação”, “distribuição”, “diversidade”, “pesca”, “dinâmicas populacionais”, “conservação”, “desenvolvimento”, “reprodução”, “dinâmicas tróficas”. Foram utilizadas combinações das palavras-chave utilizadas na primeira etapa, com as palavras-chave da segunda etapa para melhor quantidade de trabalhos. Assim como na primeira etapa, as mesmas palavras-chave foram usadas em inglês para a busca de artigos internacionais e combinadas a fim de facilitar a seleção dos

estudos. Os novos trabalhos foram selecionados, utilizando os mesmos critérios da primeira etapa, lidos e registrados na mesma planilha eletrônica.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.2 Dinâmicas populacionais

Globalmente, espécies de cefalópodes são reconhecidas como grandes componentes de muitos ecossistemas marinhos (de la Chesnais et al., 2019) (Fig 1). Esses animais possuem grande importância principalmente em relacionamento tróficos, como predadores e como parte da dieta de outros animais (Boyle & Rodhouse, 2005) que somado com sua alta taxa de ingestão alimentar (Coll et al., 2013), resultam em indicadores do alto impacto de polvos em ecossistemas.

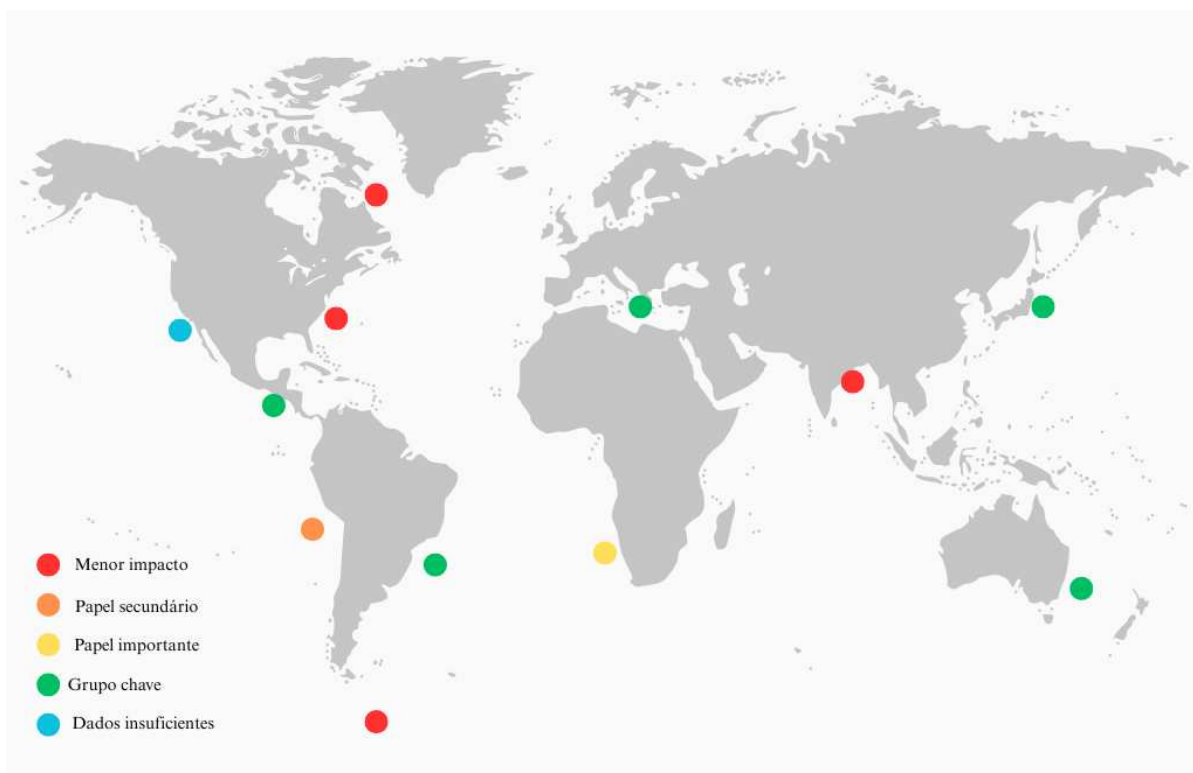


Fig 1: Mapa conceitual descrevendo o nível de importância ecológica que a classe Cephalopoda possui globalmente em relação ao seu papel (impacto) em níveis tróficos. Os pontos descrevem os níveis de importância. (Mapa adaptado com dados apresentados por de la Chesnais et al (2019))

Considerando o papel ecológico de cefalópodes, é necessário o entendimento de suas dinâmicas populacionais e ecossistêmicas. O termo ‘população’ se refere a um grande grupo de indivíduos da mesma espécie, que mantém reprodução entre si em uma área geográfica ou habitat descrito (Boyle & Boletzky, 1996). As populações de cefalópodes aparentam ser altamente variáveis, estas oscilações estão associadas primeiramente com características básicas de estágios de vida desses animais, como rápido crescimento, acasalamento sazonal, e possivelmente com a mortalidade de adultos pós-período reprodutivo (Boyle & Boletzky, 1996; Doubleday et al., 2016). Como dito anteriormente, polvos possuem curtos ciclos de vida, significando que suas populações são extremamente suscetíveis a variações interanuais, como existe certa sobreposição entre as gerações adultas, onde qualquer população de cefalópodes, especialmente fora da linha do equador, é completamente dependente do sucesso do recrutamento populacional (Boyle & Boletzky, 1996). Logo, efeitos em sua reprodução (fertilização, postura de ovos, etc.), desenvolvimento embrionário, taxas de crescimento, mortalidade, migração e mudanças na distribuição de outras espécies, são impactos diretos na sua estabilidade populacional (Fig 2).

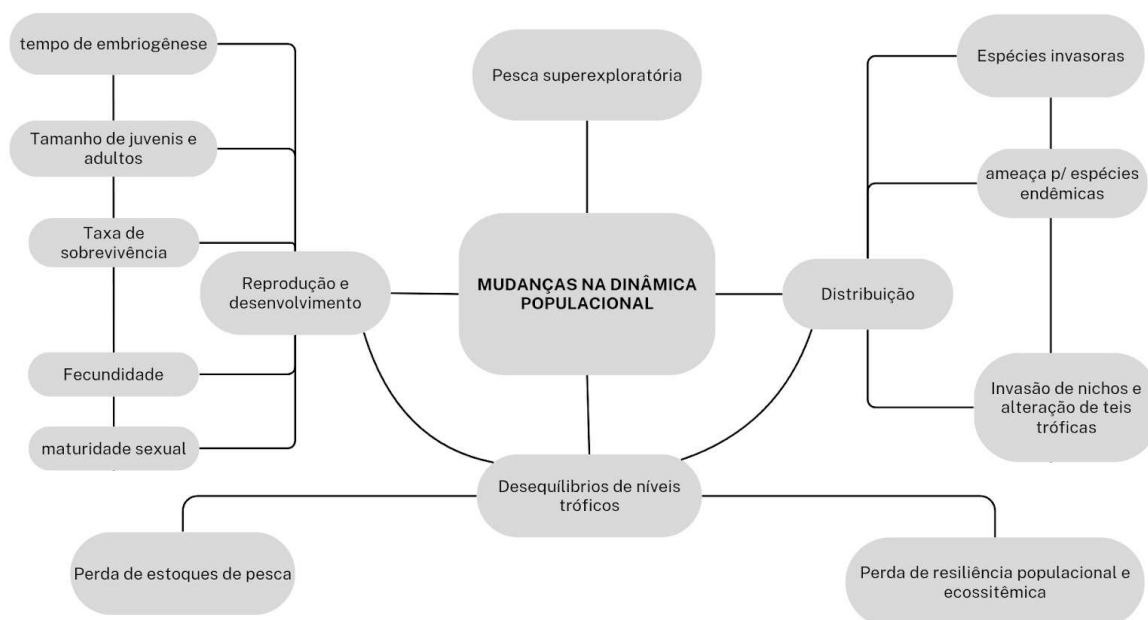


Fig 2: Diagrama conceitual demonstrando os principais efeitos descritos e suas relações. Os principais efeitos chaves são Reprodução, Desenvolvimento e Distribuição, causados por alterações de temperatura, da bioquímica marinha e da pesca exploratória. Muitos dos efeitos apresentados podem ser influenciados ou somados, tornando-os novos fatores.

4.2 Desenvolvimento e reprodução

Aproximadamente todos os cefalópodes possuem sexos separados, com glândulas únicas. Os machos transferem espermatozoides para as fêmeas, geralmente após cortejo (Ponder et al., 2020). O tipo de fertilização pode ser variada, em *O. vulgaris*, por exemplo, a transferência é descrita como fertilização externa “confinada”, ocorrendo dentro da cavidade do manto, enquanto fertilização interna é definida somente quando os espermatozoides adentram o ovário por meio do oviduto (Ponder et al., 2020). Os ovos são ricos em vitelo e variam de tamanho pequeno a grande. Geralmente não possuem estágio larval, os embriões podem se desenvolver diretamente para juvenis, no entanto, dependendo da espécie, pode haver fase pelágica e planctônica (Ponder et al., 2020).

Fêmeas da ordem Octopoda guardam seus ovos após a postura até a eclosão, o período da guarda depende da duração do desenvolvimento embrionário, que por si, depende de certos fatores, como, por exemplo, temperatura, local de postura, oxigenação, etc (Boletzky, S. V., 1994; Caverivière et al., 1999). Destaca-se que para polvos da subordem Incirrata, como é o caso da família Octopodidae, taxas de sucesso da eclosão dependem da sobrevivência da fêmea até o fim do período de desenvolvimento, além de requerimentos essenciais para a proteção do embrião (Boletzky, S. V. 1994). Essas necessidades são atendidas pela produção de cápsulas protetivas para os ovos e a capacidade das fêmeas de depositar os ovos em mar aberto, longe de litorais, ou realizar a postura em substrato mais adequado (Boletzky S. V., 1994). Esses locais de postura refletem condições que podem ter necessidades conflitantes, onde, devem garantir movimento suficiente da água para auxiliar na oxigenação dos ovos e, no entanto, serem protegidos o suficiente contra a ação forte de ondas (Boletzky S. V., 1994).

O aquecimento dos oceanos, assim como a acidificação e eutrofização, são os principais fatores relacionados com mudanças no desenvolvimento de Octopodidae. Afinal, a temperatura é um fator chave em sua ontogenia, especialmente durante o desenvolvimento embrionário e juvenil, levando a aumentos na taxa de crescimento (se houver disponibilidade suficiente de alimento e oxigênio), consequentemente acelerando seus ciclos de vida (Repolho et al., 2014; Doubleday et al., 2016) e aumentando mudanças populacionais (O’Brien et al., 2018).

André et al (2010), por meio de simulações de futuros cenários de mudanças climáticas, apresentou dois limiares principais relacionando as mudanças climáticas com

reprodução, usando como modelo a espécie *Octopus pallidus* (Hoyle, 1885), podendo ser associado com estudos de outras espécies. O primeiro limiar se refere à diminuição do tamanho de fêmeas maduras (André et al., 2010). Essa mudança pode resultar em menor quantidade de ovos, já que como descrito por Mangold (1987), em polvos, a fecundidade está relacionada proporcionalmente com o tamanho do corpo. A mais proeminente reação é a diminuição populacional, tornando-o um efeito extremamente sensível, pois termina por depender da taxa de sobrevivência, afinal, a perda populacional trará diminuição na proporção de fêmeas maduras, conseqüentemente, pequenas alterações na taxa de sobrevivência dessa população teriam grande impacto na densidade (André et al., 2010). Apesar de sensível, esse limiar pode ser parcialmente desviado por ações locais na população, como, por exemplo, diminuição da pressão da pesca, especialmente em espécies que já sofrem com superexploração (André et al., 2010).

Existem relações entre temperatura, taxa de crescimento, maturação sexual e alimentação (Klaich et al., 2006; Alves & Haimovici, 2011; Rosa et al., 2024). Com exceções para sépias, todos os cefalópodes apresentam aumento na ingestão alimentar de acordo com aumento de temperatura (Boletzky, S. V., 1975), com diminuição gradual da alimentação à medida que se aproximam da maturação sexual (Klaich et al., 2006). Adicionalmente muitas espécies do gênero *Octopus*, como *O. mimus* (Cortez, 1995), apresentam diferentes momentos de maturação sexual dependente do sexo, em *O. tehuelchus*, por exemplo, machos atingem a maturidade sexual três meses antes das fêmeas (Ré, 1989), poderia ser sugerido que, como o período de diminuição alimentar das fêmeas é maior que o dos machos, ele estaria relacionado à diminuição de tamanho das fêmeas maduras em cenários de aquecimento, no entanto não existem evidências. Ao contrário, Klaich et al. (2006) observou tendências de aumento na taxa de crescimento de machos e fêmeas imaturos relacionado a temperatura, onde machos demonstraram valores maiores em 10° C e fêmeas em 15° C, apresentando que fêmeas imaturas, mesmo com a diminuição de alimento, em altas temperaturas, aumentam exponencialmente seu tamanho.

A mesma tendência foi observada para *O. bimaculoides*, onde machos apresentaram aumento das taxas de crescimento em 18° C e fêmeas em 23° C (Forsythe and Hanlon 1988). Tendo em vista esses dados, sugere-se que a mudança de tamanho de fêmeas maduras, apresentada por André et al. (2010), deve-se referir a modificações no desenvolvimento, já que, como discutido à frente nesta seção, o aumento de temperaturas pode acarretar na

diminuição da taxa de crescimento de paralarvas, assim como o aumento de eclosão prematura.

O segundo limiar descrito por André et al. (2010) descreve a diminuição do tempo de incubação, devido a temperaturas progressivamente mais quentes, o estudo aponta que no verão de 2061, o tempo de incubação de *O. pallidus* pode diminuir de 6 meses para cerca de 3 meses. Este limiar é independente da taxa de sobrevivência, podendo ser adiado somente por reduções na taxa de aquecimento do oceano. De fato, a relação inversa entre a temperatura do ambiente e o período de desenvolvimento embrionário em cefalópodes é muito conhecida (Boletzky, S. V., 1994; Caverivière et al., 1999; Uriarte et al., 2012; Repolho et al., 2014). Em 1999, o trabalho de Caverivière et al. observou a influência da temperatura na duração do desenvolvimento de *O. vulgaris* no Senegal. Segundo o estudo, em temperaturas médias de 27° C (faixa de 26 - 27.6° C), o período entre postura dos ovos e eclosão variou de 15 a 42 dias; enquanto em temperaturas médias de 17° C (faixa de 14 - 19°C), o período de desenvolvimento variou de 80 a 87 dias.

Modificações no tempo de desenvolvimento embrionário, representam mudanças na época de postura e eclosão de ovos, essas mudanças podem representar diminuição do tempo de cada geração e racionalização do ciclo de vida, ou seja, a alteração completa na estrutura e dinâmica populacional (André et al., 2010). A taxa de recuperação dessa dinâmica depende principalmente da frequência e duração de eventos climáticos, onde somente a abundância desses animais não é necessariamente uma medida confiável (André et al., 2010). Nem todos os cefalópodes possuem as mesmas reações à mudanças climáticas, aqueles mais sensíveis à acidificação oceânica (Rosa & Seibel, 2008), ou com ciclos de vida que incluem estágios planctônicos são propensos a serem mais afetados devido a mudanças na química marinha, oceanografia e disponibilidade de plâncton (Poloczanska et al., 2007; André et al., 2010).

A diminuição do período de desenvolvimento embrionário proporcional ao aumento de temperaturas pode trazer vantagens (Uriarte et al., 2012). Se organismos que eclodiram mais cedo encontrarem alimento suficiente, eles são mais propensos a crescerem mais rápido, aumentando sua taxa de sobrevivência e conseqüentemente aumentando sua taxa de reprodução (Uriarte et al., 2012). No entanto, segundo Boletzky, S. V. (1987) quase todos os cefalópodes possuem certa quantidade de vitelo após a eclosão, essa reserva de nutrientes é suficiente para manter esses animais vivos por algum tempo quando existe baixa disponibilidade de alimento e obviamente a quantidade de volume é essencial, porém a

absorção dessa reserva também depende da temperatura, onde quanto mais alta é a temperatura, mais rápida é sua absorção. Tal duração de vitelo pode ou não condizer com o tempo necessário para o crescimento de certas espécies, trazendo uma nova variável a ser considerada.

Em questão do outro extremo de temperatura, existe pouco material para desenvolvimento e reprodução de Cephalopoda em baixas temperaturas, e mesmo os materiais presentes possuem foco maior em Bathypolypodidae, Eledonidae, Graneledonidae e outras famílias mais presentes em regiões frias ou abissais. De fato, com exceção de poucas espécies como *Octopus conispadiceus*, a presença de Octopodidae em águas muito frias é mínima. No entanto, como dito anteriormente, existe uma relação inversa entre temperatura e tempo de desenvolvimento em cefalópodes, logo, águas mais frias representam períodos maiores de desenvolvimento embrionário, e à níveis populacionais, longas fases embriogênicas podem ampliar as consequências na estrutura de idade em populações, pela ocorrência de múltiplas posturas (Boletzky, S. V., 1994). Comparando com dados expressos para altas temperaturas, é possível que o maior período de desenvolvimento possa significar que certa quantidade de fêmeas não estará na eclosão. No entanto, a presença do vitelo, especialmente em animais prematuros, pode representar uma “saída de emergência”, já que as baixas temperaturas também vão permitir absorção mais lenta da reserva (Boletzky, S. V., 1994).

Adicionalmente, outras mudanças no desenvolvimento, relacionados à desequilíbrios de temperaturas, podem ser observadas. No trabalho de Repolho et al. (2014), foram estudados 45 embriões da espécie *O. vulgaris*, de Cascais, Portugal, estes foram isolados em temperaturas experimentais (18° C e 21° C) em intervalos de 48 horas. Os dados mostraram que cenários de aquecimento aceleram significativamente processos iniciais do ciclo de vida, onde embriões aumentaram seus comprimentos em menores períodos de tempo em temperaturas de 21° C do que 18° C, e, como esperado diminuindo o tempo de desenvolvimento embrionário e acelerando o consumo de vitelo. No entanto, também houve diminuição de suas taxas de sobrevivência, com os menores valores em 21° C.

Também é importante destacar que a mortalidade atingiu pico na passagem entre organogênese e crescimento e funcionamento dos órgãos – um ponto que já é conhecido por ser crítico no desenvolvimento embrionário (Repolho et al., 2014). O aumento da permeabilidade da membrana, redução de liberação de energia abaixo das necessidades

basais, desequilíbrio de reações enzimáticas, inativação de enzimas proteicas entre outros mecanismos, são possíveis causas para o aumento da mortalidade de embriões (Repolho et al. 2014). No fim da embriogênese a tendência reverteu, onde o tamanho da paralarva na eclosão foi proporcionalmente inverso à temperatura, apesar da diferença de tamanho não ser significativa (Repolho et al., 2014), demonstrando que a diminuição de tempo de desenvolvimento está proporcionalmente relacionada com o tamanho na eclosão. Como dito anteriormente, o consumo do vitelo foi acelerado em cenários de aquecimento, porém a porcentagem de paralarvas com saco vitelino ainda acoplado foi significativamente alto. A porcentagem de paralarvas prematuras aumentou drasticamente, de 0% em 18° C para 17,8% em 21° C, importante destacar que as paralarvas prematuras apresentaram comprimentos menores quando comparadas com as não-prematuras das duas temperaturas experimentais, essas reações podem estar ligadas com estresse hipóxico, já que durante a embriogênese existe a diminuição no pH e pO₂ (Rosa et al., 2013).

A quantidade de paralarvas prematuras está ligada com as taxas de sobrevivência na fase planctônica, pois esses animais, apesar de ainda possuírem o saco vitelino, possuem déficit nessa reserva energética (já que esta foi consumida mais rapidamente durante o período embrionário), e adicionalmente, déficit na habilidade de alimentação, enquanto paralarvas que eclodem mais tardiamente possuem maior capacidade de natação, aumentando sua busca por alimento, habilidade de captura de presas e conseqüentemente tornando-as menos vulneráveis a predadores na coluna d'água (Repolho et al., 2014). Também é importante apontar que, com o aquecimento dos oceanos, o gasto de energia, associado com atividade natatória, vai aumentar. Sob os dois cenários de temperatura, houve aumento na taxa de consumo de oxigênio na embriogênese, assim como aumento na diferença do consumo de energia entre embriões (em fases finais de desenvolvimento) e paralarvas, onde taxas de metabolismo de paralarvas expostas a maiores temperaturas foram 33% mais altas que em 18 °C (Repolho et al., 2014), no entanto, o aumento de consumo de oxigênio, não é suficiente para a diminuição de pO₂ ou o aumento de pCO₂ durante o processo de desenvolvimento dos ovos (Rosa et al., 2013).

Uriarte et al. (2012) apresentou os efeitos da temperatura na embriogênese de *Octopus mimus* (Gould, 1852), descrevendo que a temperatura acelera a síntese do sistema nervoso e organogênese. Também foi apontado que em temperaturas mais altas houve aumento no comprimento total do manto, enquanto o tamanho dos braços não foi afetado de forma

significativa. Durante estágios paralarvais, o manto é maior que os braços (Villanueva & Norman, 2008) sugerindo que a síntese dos órgãos localizados no manto são uma prioridade no desenvolvimento e propondo que o modo que a temperatura molda a formação do embrião está relacionada com a importância que aquela parte corporal terá nos primeiros estágios de vida (Uriarte et al., 2012). O estudo demonstrou aumento na taxa de crescimento a partir de 18° C atingindo picos em temperaturas de 21° C, no entanto, o pico de crescimento não significou vantagem, já que a taxa metabólica foi fortemente afetada. Sugere-se que embriões de *O. mimus* são mais sensíveis à temperatura do que juvenis e adultos de outras espécies, logo, sua melhor performance fisiológica varia entre temperaturas acima de 12° C e abaixo de 21° C, nessa faixa, foi observado desenvolvimento morfológico normal, alta taxa de crescimento, e taxas metabólicas relativamente equilibradas em relação à rápida embriogênese (Uriarte et al., 2012). Na natureza, a espécie é frequentemente exposta ao El Niño - Oscilação Sul (ENOS), mudando ocasionalmente a temperatura de sua zona reprodutiva, logo o monitoramento dos efeitos da temperatura para essa espécie (e outras afetadas por fenômenos climáticos frequentes) é de extrema importância para o manejo adequado de pesca (Uriarte et al., 2012) e sua conservação.

4.3 Distribuição

4.3.1 A distribuição do gênero *Octopus*

O gênero *Octopus* é o mais diverso dentro da família Octopodidae, atualmente com 73 espécies aceitas (3 de julho 2025 WoRMS). De acordo com Rosa et al. (2024) (Anexo A), os maiores *hotspots* de diversidade do gênero são encontrados na região temperada do Pacífico norte, na Corrente Kuroshio, ecorregiões de Honshu nordeste e regiões a Australásia, além de uma segunda área de *hotspot* no oeste do Pacífico tropical e na ecorregião de Corteziana (região costeira do Oceano Pacífico, Península da Baixa Califórnia, México e adjacentes).

Infelizmente a diversidade e padrões biogeográficos de polvos é pouco conhecido em muitas regiões costeiras e especialmente em regiões profundas e polares (Rosa et al., 2019; Xavier et al., 2018), no entanto sabe-se que o aquecimento dos oceanos é um fator conhecido por influenciar mudanças na biogeografia de polvos, com registros de espécies invasoras em

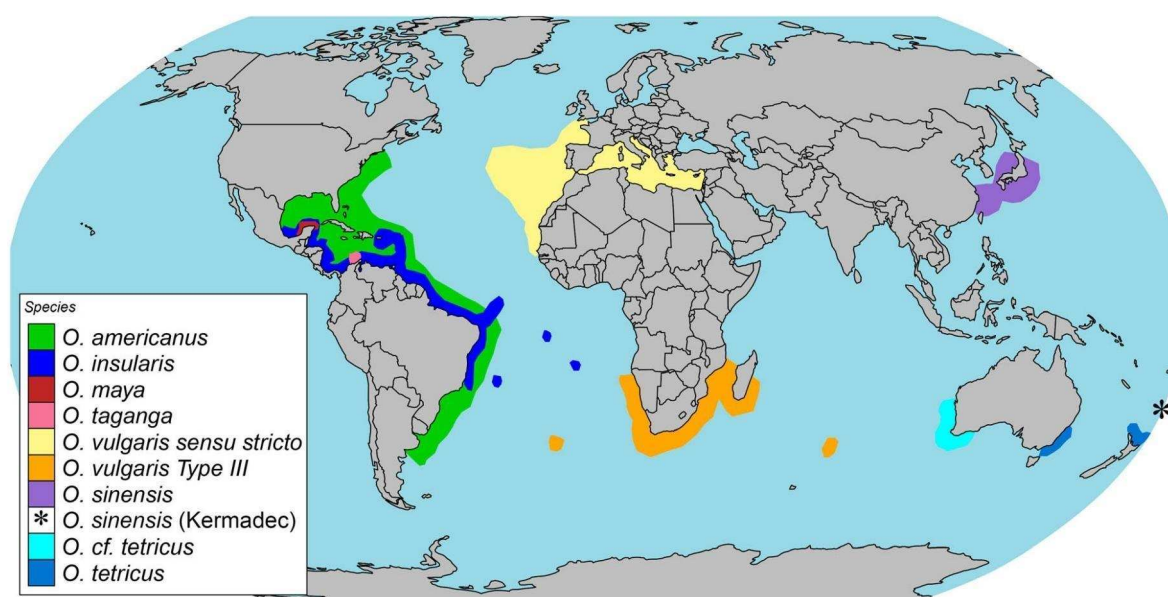


Fig 3: Distribuição de espécies do gênero *Octopus*. *O. cf. tetricus* (*cf.*: confere), foi identificado em trabalhos mais atuais como *Octopus djinda*. *O. vulgaris Type III*, também é conhecido como *O. aff. vulgaris* (*aff.*: affinis). Fonte: Avendaño et al. (2020)

certas áreas do mediterrâneo, como por exemplo *Amphioctopus aegina* (anteriormente descrito como *Octopus aegina* - Osman et al., 2014), e espécies mudando suas distribuições para os pólos, como por exemplo *O. hubbsorum* (López-Uriarte et al., 2005; Domínguez-Contreras et al., 2013). Esse tipo de mudança na distribuição de espécies consideradas tanto predadores quanto presas importantes pode provocar impactos de nível ecossistêmico e econômicos importantes, os quais precisam ser apontados (Borges et al., 2022).

Um dos principais efeitos se trata do desequilíbrio das dinâmicas tróficas, onde áreas que possam ter diminuição de populações de polvos, podem sofrer diminuição no controle de

comunidades bentônicas que fazem parte da dieta desses animais, enquanto, espécies de *Octopus* que tiveram mudanças de distribuição para os pólos, podem aumentar o controle de suas presas, em áreas de altas latitudes (Borges et al., 2022). Tendo em vista o potencial relativamente alto que mudanças climáticas possuem para induzir diferentes alterações em organismos marinhos, é importante a descrição correta da distribuição biogeográfica de espécies, assim como suas faixas de tolerância (Borges et al., 2022). Com a combinação do conhecimento das distribuições e ecologia dessas espécies, somado com o estudo e elaboração de modelos é possível hipotetizar precisões dos futuros impactos na biodiversidade e saúde ecossistêmica (Hannah et al., 2002), possivelmente trazendo espaço para elaboração de possíveis planos de conservação para diferentes organismos, não limitando-se a cefalópodes.

4.3.2 Previsões de distribuição do Complexo de espécies *Octopus vulgaris*

O polvo comum, também conhecido como *Octopus vulgaris*, é um cefalópode bentônico que habita substratos diversos, se distribuindo da costa litorânea até a borda da plataforma continental (Mangold, 1983; Belcari et al., 2002; Rosa et al., 2024). É descrito como o polvo mais conhecido e documentado, com a pesquisa da espécie se intensificando nas últimas três décadas (Mangold, 1983; Rosa et al., 2024). Por anos, a espécie foi considerada cosmopolita, Mangold (1983), por exemplo, descreveu a presença da espécie em águas tropicais, subtropicais e temperadas dos oceanos Atlântico, Índico e Pacífico ocidental, estando somente ausente em regiões polares e subpolares. No entanto análises moleculares e comparações morfológicas mais aprofundadas sugeriram que se tratava de um complexo de espécies morfológicamente similares mas geneticamente distintas de polvos comuns, atualmente conhecida coletivamente como “Complexo de espécies *Octopus vulgaris*” (OVSC) (Guerra et al., 2010; Avendaño et al., 2020; Rosa et al., 2024).

Até que haja novas mudanças, o grupo *O. vulgaris* é composto por *O. vulgaris s.s.* (Mar Mediterrâneo e nordeste do oceano Atlântico), *O. americanus* (Oceano atlântico, do sudeste do Brasil até o norte da Virgínia, Estados Unidos), *O. djinda* (sudoeste australiano), *O. tetricus* (sudeste australiano) e *O. sinensis* (mares da China, Japão e Taiwan). Adicionalmente, *O. aff. vulgaris*, presente na África do Sul é considerado um membro distinto do grupo, analisado molecularmente por Amor et al (2019), ainda não possuindo

denominação taxonômica oficial (Amor et al; 2014; Lima et al., 2017; Amor et al., 2019; Avendaño et al., 2020; Amor et al., 2021). Toda a distribuição descrita pode ser vista na Fig 4

Registros de migrações horizontais de *O. vulgaris*, são escassos, no entanto podem ajudar a explicar sua ocorrência esporádica em algumas áreas como o Canal da Mancha ou no Mar do Norte (Mangold, 1983; Rosa et al., 2024). Apesar de incomuns, desde 1983 esses movimentos de larga escala têm sido conectados hipoteticamente com interações bióticas e pressões relacionadas ao clima e oceanografia (Mangold, 1983). Estudos anteriores mostraram a importância da temperatura da superfície marinha para a preferência de habitats de polvos, assim como sua distribuição e ecologia; onde os resultados mostraram tanto correlações positivas (Balguerías et al., 2002; Caballero-Alfonso et al., 2010), quanto relações negativas (González & Sánchez, 2002; Hermosilla et al., 2011) na abundância e pesca. Borges et al. (2022), apresentou em estudo projeções para o impacto das mudanças climáticas na distribuição do complexo de espécies *O. vulgaris* em diferentes RCPs com faixas de tempo para 2050 e 2100. Segundo os modelos, diferentes respostas foram observadas, onde tanto a perda quanto o aumento de habitat desses animais teve relação proporcional com as mudanças de RCPs. É importante ter em consideração que apesar dos modelos apresentados possuírem o RCP 2.6, e as mudanças causadas por esse cenário serem descritas neste trabalho, esse cenário já é tido como inviável por muitos autores (van Vuuren et al., 2011; Rogelj et al., 2018; Fuss et al., 2020). Os modelos também apresentaram as principais variáveis responsáveis por essas mudanças de distribuição (Tabela 1), onde é possível apontar salinidade bentônica máxima, temperatura bentônica média e a faixa de temperatura da superfície como principais fatores abióticos.

a) *Octopus vulgaris s. s.*

Hermosilla et al. (2011) estudou a grande escala de preferência de habitats de *O. vulgaris s.s.*, apontando que temperatura e salinidade bentônica, e o oxigênio e clorofila dissolvida na superfície do mar como os as variáveis principais para a explicação da ampla faixa de habitats de *O. vulgaris*. Apesar da temperatura ser um fator importante para a distribuição e abundância do polvo-comum no Mar Mediterrâneo central, especialmente para indivíduos que ainda não atingiram maturidade sexual, a salinidade em substratos marinhos e o escoamento e rios são variabilidades chave na determinação da distribuição do *O. vulgaris*

na costa oeste portuguesa. Em regiões ao noroeste e sudeste, a temperatura se torna mais importante, pois determina limitações regionais e sazonais e distribuição (Rosa et al., 2024).

A espécie é conhecida por ser intolerante a baixas salinidades, com ~36 ppm sendo o nível mais adequado e 29 ppm, o provável limite de conforto (Mangold, 1983; Rosa et al., 2024), no entanto, conseguem sobreviver a baixas salinidades por curtos períodos de tempo, como demonstrado por Iglesias et al. (2016).

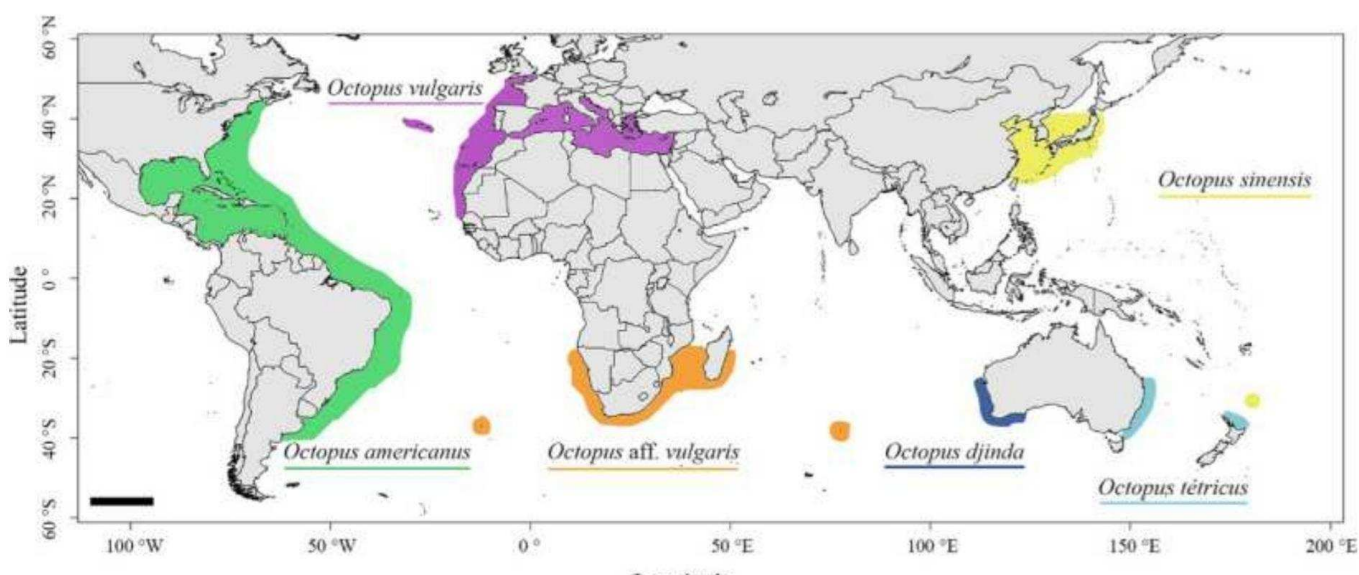


Fig 4: Distribuição do Complexo de espécies *Octopus vulgaris*. Fonte: Rosa et al. (2024)

Espécie	#1	#2	#3	#4
<i>Octopus vulgaris</i>	Salinidade bentônica máxima	Média de temperatura na superfície	Temperatura média bentônica	Batimetria
<i>Octopus americanus</i>	Temperatura média bentônica	Faixa de temperatura na superfície	Faixa de salinidade bentônica	Média de temperatura na superfície
<i>Octopus tetricus</i>	Faixa de temperatura bentônica	Faixa de salinidade	Temperatura média bentônica	Média de temperatura na superfície
<i>Octopus sinensis</i>	Faixa de temperatura na superfície	Faixa de temperatura bentônica	Salinidade bentônica máxima	Velocidade máxima da corrente
<i>Octopus djinda</i>	Faixa de temperatura na superfície	Batimetria	Média de temperatura na superfície	Temperatura média bentônica
<i>Octopus aff. vulgaris</i>	Temperatura média bentônica	Faixa de temperatura na superfície	Faixa de salinidade bentônica	Média de temperatura na superfície

Tabela 1: Variações com maior contribuição para a distribuição do Complexo de espécie *Octopus vulgaris*. Fonte: Tabela adaptada de Borges et al. (2020).

Em seus experimentos, polvos colocados em ambiente com salinidade de 20 ppm, pararam sua alimentação imediatamente e morreram em um dia, enquanto em salinidade de 25 a 30, indivíduos diminuíram sua alimentação, parando completamente após dois dias e demonstrando recuperação após normalização de salinidade (Iglesias et al., 2016; Rosa et al., 2024).

Segundo os modelos apresentados por Borges et al. (2022), *O. vulgaris* apresentou perda considerável de habitats adequados e conseqüentemente devastação local de suas futuras distribuições (Fig 5), diminuindo suas populações proporcionalmente à severidade de cenários RCP até 2050, sendo a taxa de salinidade bentônica a principal variável para a perda de habitat. Ganhos de habitat foram projetados, no entanto, mesmo em cenários mais otimistas (RCP 2.6) eles se mostraram em pequena escala, muito espaçados e restritos a regiões ao norte do limite de distribuição da espécie. Certo aumento foi apontado entre 2050 e 2100, com a espécie saindo do seu limite, avançando para o extremo norte em cenários mais preocupantes (RCP 8.5).

É esperado que as mudanças em seus limites termais e faixas biogeográficas levem à conseqüências de nível ecossistêmico (Rosa et al., 2024), assim como impactos socioeconômicos devido à alta importância que *O. vulgaris* possui para a pesca, especialmente na Espanha e Portugal onde são os principais alvos da pesca costeira de pequena escala (Pierce et al., 2010). Adicionalmente é necessário apontar que os modelos de Borges et al. (2022) não utilizaram desoxigenação e acidificação oceânica como variação. A espécie é conhecida por ser resiliente em relação à baixo oxigênio, sendo capaz de reduzir seu metabolismo por curtos períodos (Rosa et al., 2024), no entanto, estamos descrevendo mudanças de longo-prazo com as taxas de oxigênio diminuindo junto com o aumento de emissões, logo tal adaptação fisiológica pode não ser mais viável a partir de certo cenário. Mais estudos com metodologia experimental de múltiplos fatores são necessários para entender completamente quais serão os impactos da desoxigenação nessa espécie e como esses impactos serão modificados por outros fatores como aquecimento, acidificação e outros efeitos bióticos e abióticos.

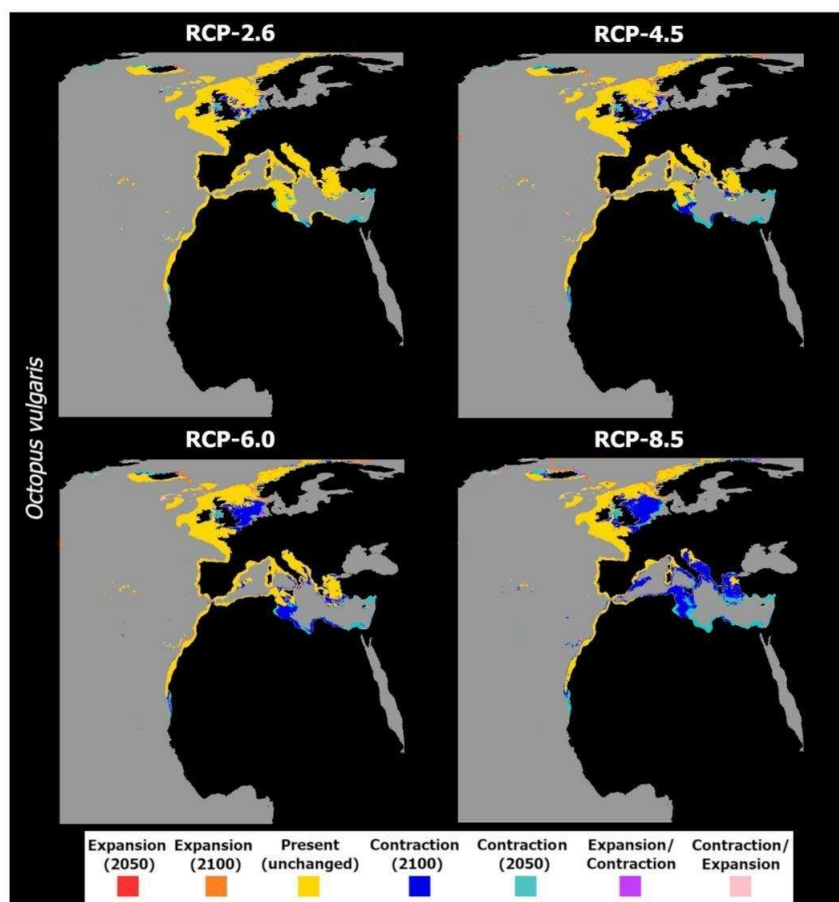


Fig 5: Projeções de mudanças de distribuição de *O. vulgaris*. Demonstrando variações unidirecionais na ocorrência da espécie, em expansão (em vermelho ou laranja), contração (em azul claro ou claro), e variações transitórias seguidas de contrações para expansão (rosa) ou vice-versa (roxo) em através faixas de tempo (2050 e 2100) em diferentes cenários RCP (RCP-2.6, 4.5, 6.0, 8.5). Fonte: Borges et al. (2022)

b) *Octopus americanus*

A espécie *Octopus americanus* está presente em grande parte da costa leste do continente americano a partir de Mar del Plata, Argentina, na costa brasileira, Mar do Caribe e Golfo do México, e finalmente limitando sua distribuição no estado da Virgínia (EUA). Sendo *O. americanus* um animal bentônico, essa extensa faixa de distribuição está provavelmente ligada à alta capacidade de dispersão durante a fase paralarval, assim como ocorre com *O. vulgaris s. s.* (Avendaño et al., 2020). Em adição à capacidade de dispersão, a espécie possui

ampla faixa de tolerância de temperatura (13° C- 28° C), e ocupa profundidades de 0 a 200m. Apesar de não fazer parte do OVSC, *O. insularis* possui muitas similaridades com *O. americanus*, mas a biologia e ecologia básica das duas espécies ainda estão sendo diferenciadas devido a séculos de conflitos em literaturas científicas e designações em pescarias (O'Brien et al., 2021; González-Gómez et al., 2024; Cortes et al., 2025).

Para *O. americanus*, Borges et al. (2022) descreveu grande diminuição de habitat, mesmo em cenários de RCP-2.6 até 2050, com perdas consideráveis focadas em baixas latitudes e pequenas (ainda assim significativas) expansões para latitudes mais baixas nos dois hemisférios, onde é possível ver a progressão dessa tendência de acordo com o tempo e severidade do cenário. De acordo com estes modelos, a espécie pode sofrer erradicação local em áreas tropicais e subtropicais entre Cuba e a Península do Yucatán no Golfo do México, além de litorais de todo norte e nordeste brasileiro até 2050 e 2100, em cenários de RCP-6.0 e RCP-8.5. Tanto no Hemisfério Norte quanto no Hemisfério Sul, a distribuição para o latitudes mais baixas, aumenta consideravelmente até 2100 em RCP-6.0, expandindo seus habitats em direção aos pólos (Fig 6).

Apesar da ampla janela de tolerância de *O. americanus*, Borges et al. (2022) apontou que mudanças na temperatura média bentônica seriam o principal fator para as expansões e contrações de distribuição. Existe a possibilidade de que em alguns locais, como no Brasil, a principal mudança de distribuição seja a migração de indivíduos adultos para águas mais profundas, e conseqüentemente mais frias (Borges et al., 2022). *Octopus americanus* é uma das três espécies mais importantes na exploração comercial da região do Golfo do México e Caribe, juntamente com *O. insularis* e *O. maya* (Avendaño et al., 2020; Ángeles-González et al., 2020), logo, os modelos de diminuição da espécie na região a partir de 2050, pode ser colocado como um ponto de preocupação socioeconômico e que traz exigências para revisão de estratégias de manejo e conservação em sua pesca. Além disso, é conhecido que a espécie divide espaços com *O. maya* (Avendaño et al., 2020; Ángeles-González et al., 2017), e que provavelmente *O. americanus* possui aptidão próxima à *O. insularis* devido às suas similaridades (González-Gómez et al., 2024).

A partir das informações revisadas para este tópico e revisões da capacidade adaptativa da espécie *O. maya* (considerada como espécie vulnerável em cenários de mudanças climáticas - Juárez et al., 2015; López-Galindo et al., 2019) e *O. insularis*, pode-se sugerir dois principais impactos da diminuição de *O. americanus* no Golfo do México: (1)

Pela convivência da espécie em certas áreas com a *O. maya*, mudanças de distribuição de *O. americanus*, seja para expansão ou contração, podem representar impactos diretos para populações de *O. maya*. Mesmo que a espécie passasse por aumentos populacionais no local, ela ainda seria um competidor, que em cenários de mudanças climáticas poderia aumentar a vulnerabilidade de *O. maya*. (2) Tendo em vista a possível expansão de distribuição de *O. insularis* no Golfo do México e sua aptidão e distribuição similar com *O. americanus*, as duas espécies são simpátricas, logo, competidoras, fator que permite o controle populacional das duas (Côrtes et al., 2025), a perda da população de *O. americanus* pode ser um dos fatores facilitadores para a expansão de *O. insularis* no Golfo do México, que por si é um fator negativo para espécies mais vulneráveis como *O. maya*.

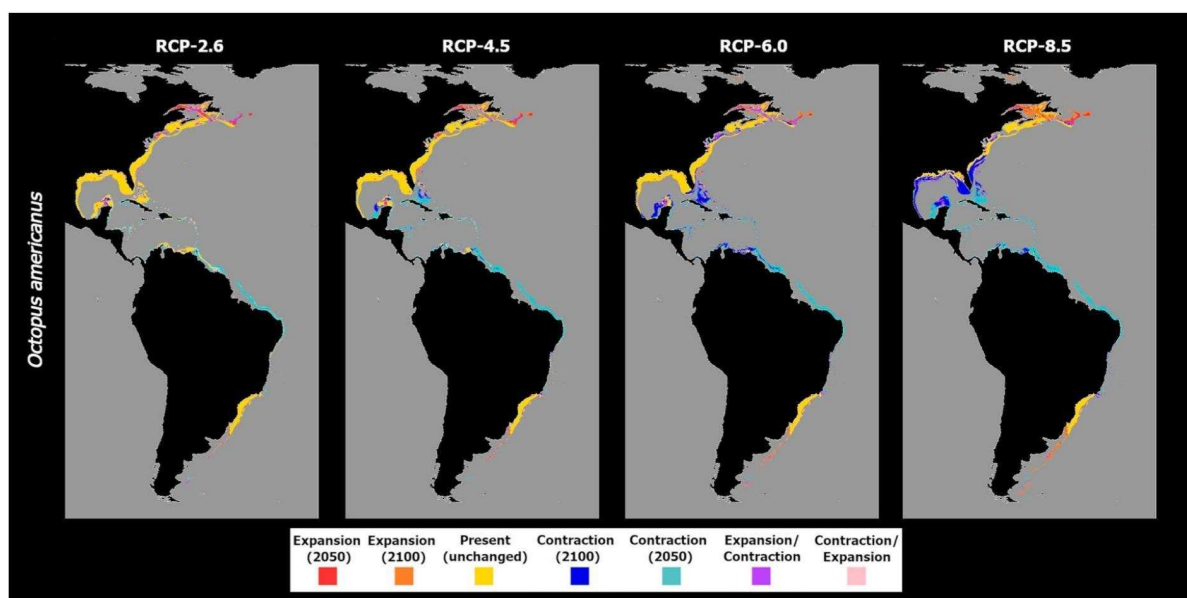


Fig 6: Projeções de mudanças de distribuição de *O. americanus*. Demonstrando variações unidirecionais na ocorrência da espécie, em expansão (em vermelho ou laranja), contração (em azul claro ou claro), e variações transitórias seguidas de contrações para expansão (rosa) ou vice-versa (roxo) em através faixas de tempo (2050 e 2100) em diferentes cenários RCP (RCP-2.6, 4.5, 6.0, 8.5).Fonte: Borges et al. (2022)

c) *Octopus tetricus*

Após a separação da espécie do oeste australiano, a distribuição geográfica de *O. tetricus* foi limitada à costa leste do continente e à costa nordeste da ilha norte da Nova

Zelândia (Amor et al., 2014), no entanto registros de extensões na sua faixa de distribuição da espécie em resposta a mudanças climáticas já foram registradas, em direção ao sul, encontrado pela primeira vez em 2000, e ao nordeste da Tasmânia em 2006 (Ramos et al., 2018). A temperatura bentônica é a provável causa principal de alterações na distribuição (Borges et al., 2022), essa afirmação pode ser apoiada pelas características reprodutivas de *O. tetricus*, já que, apesar de tentativas de acasalamento terem sido observadas durante todas as estações do ano, houve maior frequência durante o verão austral (Rosa et al., 2024), sendo o período com maior quantidade de fêmeas maduras (Ramos et al., 2015).

Modelos para *O. tetricus* apontam para possível perda de habitats adequados dentro de sua distribuição atual, de forma gradual (Fig 7) Inicialmente existe um pequeno aumento de distribuição em cenários RCP-2.6, em direção ao sul do continente Australiano, no entanto a partir de 2050 em RCP-4.5 perdas mais claras de distribuição podem ser vistas. Essa diminuição pode se tornar mais drástica até 2100, principalmente em cenários RCP-8.5, apesar de também ser possível oscilações de distribuição na costa sul (Borges et al., 2022).

Além do comportamento reprodutivo sazonal, é conhecido que aumentos de temperaturas podem afetar significativamente a velocidade de desenvolvimento dos ovos de *O. tetricus* (Spreitzenbarth & Andrew, 2021), logo, sugere-se que essa espécie seja suscetível a efeitos negativos impostos por aquecimento, levando a perda de habitat descrita por Borges et al (2022) e perda da aptidão reprodutiva.

d) *Octopus sinensis*

A espécie *Octopus sinensis* é conhecida por ocorrer em toda a região do Japão e leste do Mar da China (Gleadell, 2016). Segundo Borges et al. (2022), em *O. sinensis* não foi visto uma tendência clara relacionada com a severidade de cenários (Fig 8). Para RCP-2.6, há aumento de habitats adequados até metade do século, nesse cenário não existem mudanças consideráveis na distribuição, com perdas virtualmente inexistentes e expansões localizadas em áreas perto das costas no oeste da Coreia e ao redor de Hokkaido e Sacalina nos mares japoneses. A partir de RCP-4.5 é possível apontar perdas de habitat, especialmente em latitudes ao sul, apesar de atualmente ser o local com maior quantidade de habitats compatíveis. Em cenários mais extremos (RCP-8.5) é previsto que a resposta volte a ser

similar a RCP- 2.6, no entanto com maior exageros no aumento de distribuição e diminuição progressiva até 2100 (Borges et al., 2022).

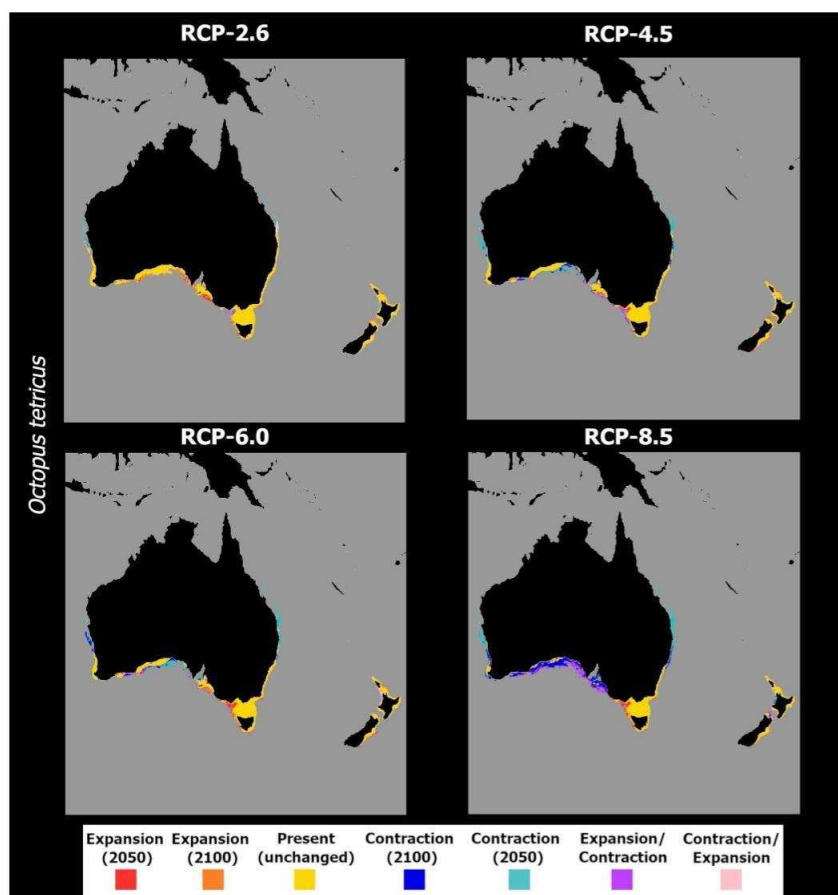


Fig 7: Projeções de mudanças de distribuição de *O. tetricus*. Demonstrando variações unidirecionais na ocorrência da espécie, em expansão (em vermelho ou laranja), contração (em azul claro ou claro), e variações transitórias seguidas de contrações para expansão (rosa) ou vice-versa (roxo) em através faixas de tempo (2050 e 2100) em diferentes cenários RCP (RCP-2.6, 4.5, 6.0, 8.5). Fonte: Borges et al. (2022)

No leste asiático, o consumo de animais marinhos é a principal fonte alimentar e econômica, sendo polvos e lulas parte da cultura alimentar da região por muitas décadas (Gleadall & Naggs, 1991). *O. sinensis* é particularmente consumido por todo Japão, Coreia, Taiwan e costa chinesa (Sauer et al., 2021), e já passou por superexploração durante o século 20, em certas regiões do Japão, levando a perdas populacionais. Logo qualquer declínio nos

estoques desses animais (ou aumento de demanda) coloca pressão em comunidades locais. Nos últimos anos, a aquicultura comercial desses animais se intensificou em linha com a diminuição de populações de *O. sinensis* e o rápido aumento de valores (Sauer et al., 2021).

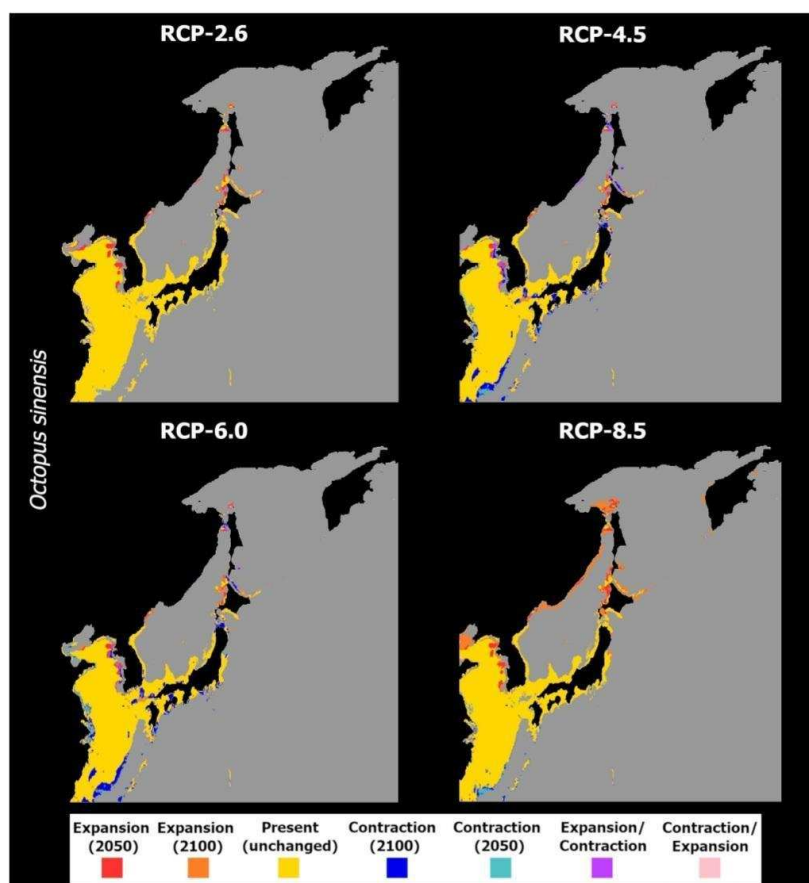


Fig 8: Projeções de mudanças de distribuição de *O. sinensis*. Demonstrando variações unidirecionais na ocorrência da espécie, em expansão (em vermelho ou laranja), contração (em azul claro ou claro), e variações transitórias seguidas de contrações para expansão (rosa) ou vice-versa (roxo) em através faixas de tempo (2050 e 2100) em diferentes cenários RCP (RCP-2.6, 4.5, 6.0, 8.5). Fonte: Borges et al. (2022)

Esta revisão não encontrou materiais que especificasse os impactos de possíveis novas distribuições de *O. sinensis* no sentido ecossistêmico, talvez pela falta de tendências claras em

modelos futuros, logo aponta-se a importância de mais estudos que relacionem mudanças climáticas com os impactos nos níveis tróficos.

e) Octopus djinda

Essa espécie habita águas temperadas rasas (5 - 80m de profundidade), são animais muito associados com recifes rochosos, campos de algas e habitats arenosos, sendo encontrados entre as águas subtropicais da Baía Shark até a região temperada de Cape Le Grand (Rosa et al., 2024). Acredita-se que as águas fundas e frias da Grande Baía Australiana sejam uma limitação de sua distribuição para o sul, tendo em vista que não existem registros publicados de *O. djinda* na Austrália do Sul ou Vitória (Amor et al., 2021; Rosa et. al., 2024).

As projeções descrevem que a espécie pode inicialmente apresentar aumentos em boa parte de sua distribuição até 2050, seguido por perdas de habitat adequados até 2100. Tal tendência é proporcional à severidade do cenário, mostrando resultados mais visíveis a partir de RCP-4.5, até possível desaparecimento da espécie em toda a costa oeste australiana (Borges et al., 2022).

Ainda existem poucos estudos sobre os efeitos das mudanças climáticas para *O. dinda*, no entanto o maior conhecimento das variações das características biológicas e ecológicas dessa espécie é colocada por Rosa et al. (2024) como de alta importância para a avaliação das ameaças trazidas pelas mudanças climáticas e mudanças ecossistêmicas relacionadas. Exemplos de possíveis impactos do aumento de distribuição de *O. djinda*, incluem a sobreposição com outras espécies de polvos em território australiano como *Octopus kaurna*, desequilíbrios nas dinâmicas tróficas na região, e impactos para comunidades locais de pescadores. A região oeste australiana já experimenta ondas de calor marinhas e alterações em seus habitats, como perda de algas e impactos em comunidades de animais que estão na dieta de *O. djinda* (Rosa et al., 2024), logo, mesmo que atualmente a espécie não seja apontada como sensível às mudanças climáticas, o andamento da gravidade de cenários pode alterar esse julgamento.

f) Octopus aff. vulgaris

A espécie *O. aff. vulgaris* ou *O. vulgaris type III*, foram separados taxonomicamente por análises morfológicas feitas em 2019, onde a espécie foi identificada em toda a costa da África do Sul. De acordo com os modelos de Borges et al. (2022), *O. aff. vulgaris* apresentou perda considerável de habitats adequados (Fig 10). No entanto, a perda de territórios em cenários RCP-2.6 e RCP-4.5 são relativamente menores para 2100, podendo apontar para possível aumento entre 2050 e 2100, que pode ser seguido por um ganho localizado de habitat ao sul.

Em RCP-6.0 e RCP-8.5 no entanto, a tendência de diminuição progride, podendo ocasionar no desaparecimento da espécie em quase toda a costa de Moçambique em 2050 e 2100 (RCP-6.0 e RCP-8.5), e desaparecimento quase total nas águas de Madagascar entre 2050 e 2100 para RCP-8.5 (Borges et al., 2022). Além do rearranjo de teias tróficas, essas mudanças também podem trazer impactos significativos em pescas de toda a região leste da África do Sul, onde a exploração da espécie é maior (Oosthuizen & Smale, 2003).

4.4 O exemplo de *Octopus insularis* e *Octopus maya* para comparação de aptidão: distribuição e reprodução

Como descrito anteriormente, nem todos os cefalópodes podem possuir a mesma resposta à mudanças climáticas. Tendo em vista a discussão de algumas espécies de polvos como “vencedores” nesses cenários, podemos apontar a possibilidade para a existência de “perdedores” também. Este tópico revisa a distribuição e reprodução de duas espécies (*O. insularis* e *O. maya*) que frequentemente são comparadas em cenários de capacidade de adaptação em mudanças climáticas. A temperatura é considerada um regulador importante na aptidão de uma população, com as alterações ambientais continuando a afetar a performance de espécies, estas podem migrar em busca de melhorias termais (Poloczanska et al., 2016; Ángeles-González et al., 2020). No entanto, espécies com grande expansão e ampla tolerância, podem ser motores de alteração de estruturas tróficas, induzindo a exclusão competitiva de espécies nativas e reduções em diversidades locais, além de outros fatores como a pesca excessiva (Lima et al., 2020).

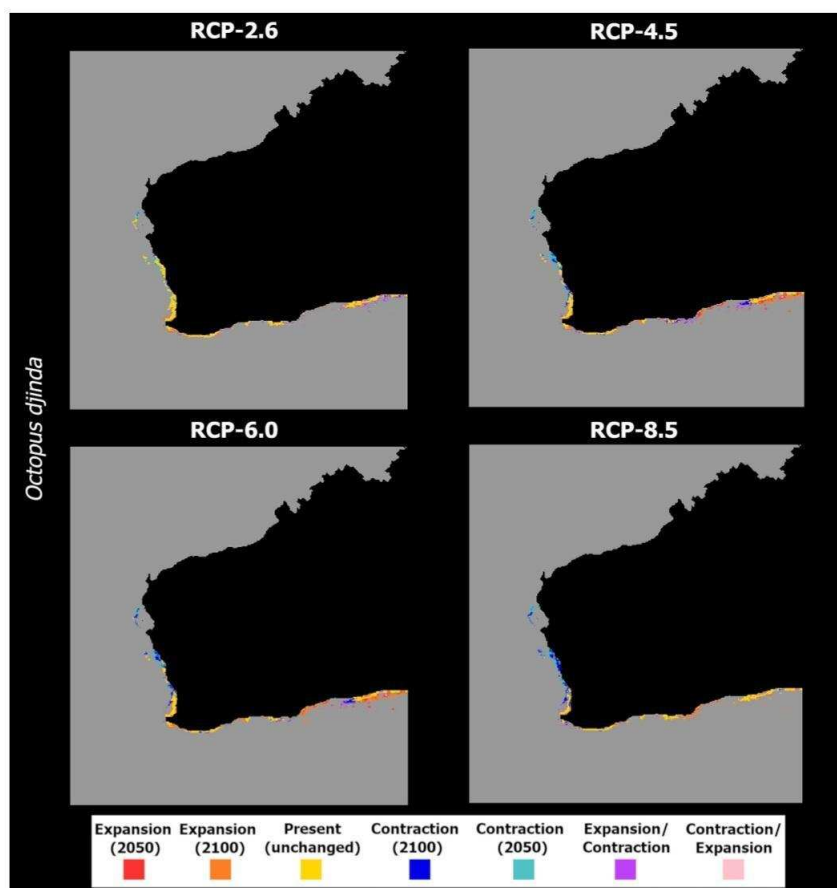


Fig 9: Projeções de mudanças de distribuição de *O. djinda*. Demonstrando variações unidirecionais na ocorrência da espécie, em expansão (em vermelho ou laranja), contração (em azul claro ou claro), e variações transitórias seguidas de contrações para expansão (rosa) ou vice-versa (roxo) em através faixas de tempo (2050 e 2100) em diferentes cenários RCP (RCP-2.6, 4.5, 6.0, 8.5). Fonte: Borges et al. (2022)

Octopus insularis (Leite & Haimovici, 2008) é uma espécie a qual, pelo menos até o momento, espera-se que tenha vantagens em futuras mudanças climáticas e expanda seus limites de distribuição (Ángeles-González et al., 2020; Lima et al., 2020). Essa espécie é amplamente distribuída em ecossistemas com diferentes temperaturas, apresentando alta tolerância termal (23°-32°C) (Leite et al., 2009), além de aparentar possuir alta tolerância à diferentes salinidades, já que existem registros de *O. insularis* em áreas com alta salinidade em ilhas oceânicas do Brasil, como Atol das Rocas (Longo et al., 2015). Adicionalmente Sales et al. (2013) encontrou vestígios de *O. insularis* no estômago de pargo-vermelhos (*Lutjanus purpureus*) no estado do Pará, perto da região da foz do rio Amazonas, indicando

que mesmo com a baixa salinidade, essa espécie é capaz de viver em áreas de alto descarregamento de rios.

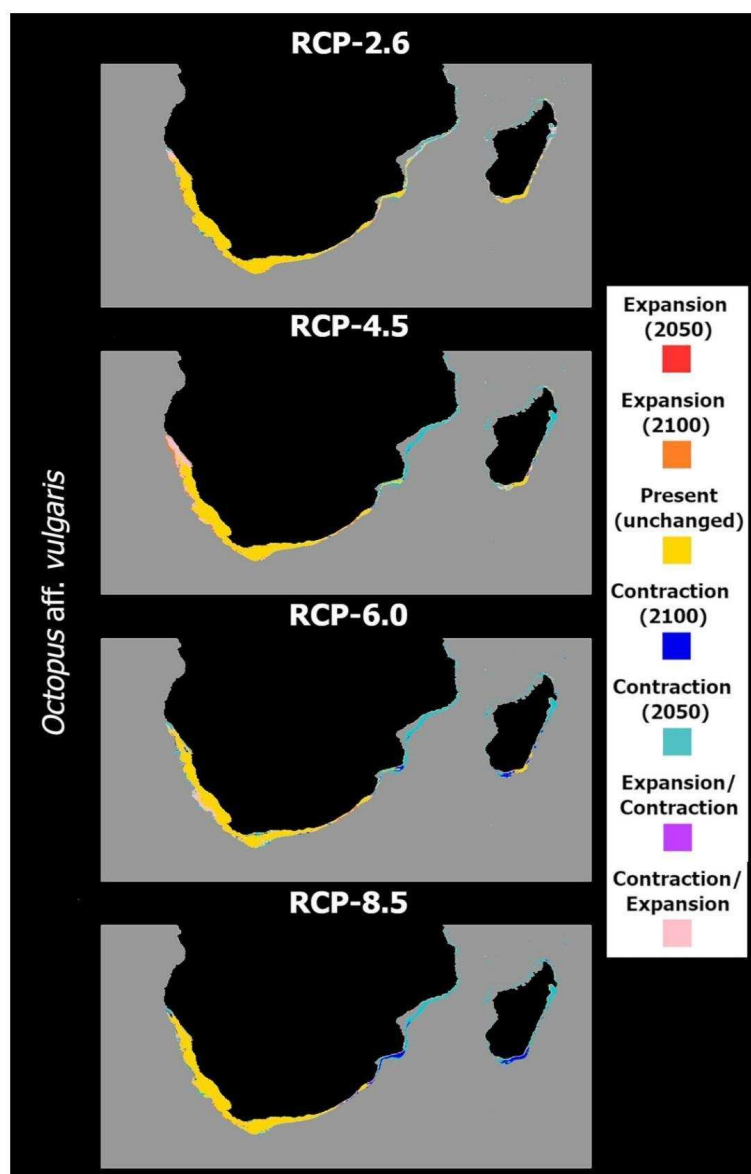


Fig 10: Projeções de mudanças de distribuição de *O. aff. vulgaris*. Demonstrando variações unidirecionais na ocorrência da espécie, em expansão (em vermelho ou laranja), contração (em azul claro ou claro), e variações transitórias seguidas de contrações para expansão (rosa) ou vice-versa (roxo) em através faixas de tempo (2050 e 2100) em diferentes cenários RCP (RCP-2.6, 4.5, 6.0, 8.5). Fonte: Borges et al. (2022)

Octopus insularis (Leite & Haimovici, 2008) é uma espécie a qual, pelo menos até o momento, espera-se que tenha vantagens em futuras mudanças climáticas e expanda seus limites de distribuição (Ángeles-González et al., 2020; Lima et al., 2020). Essa espécie é amplamente distribuída em ecossistemas com diferentes temperaturas, apresentando alta tolerância termal (23°-32°C) (Leite et al., 2009), além de aparentar possuir alta tolerância à diferentes salinidades, já que existem registros de *O. insularis* em áreas com alta salinidade em ilhas oceânicas do Brasil, como Atol das Rocas (Longo et al., 2015). Adicionalmente Sales et al. (2013) encontrou vestígios de *O. insularis* no estômago de pargo-vermelhos (*Lutjanus purpureus*) no estado do Pará, perto da região da foz do rio Amazonas, indicando que mesmo com a baixa salinidade, essa espécie é capaz de viver em áreas de alto descarregamento de rios.

Áreas adequadas para *O. insularis* aumentam de acordo com o aumento da severidade de cenários climáticos, principalmente com o aumento da temperatura da superfície do oceano sendo a principal variação de influência na distribuição desta espécie, Lima et al. (2020) apontou que as previsões de distribuição de *O. insularis* para futuros cenários climáticos sugerem aumento de habitats adequados no Atlântico tropical e expansão para latitudes mais altas, adicionalmente com a possibilidade de ocorrência da espécie na costa central africana em cenários de 2050 e 2100.

A Península do Yucatán está sujeita a muitas variações climáticas, tanto de curto quanto de longo prazo. A temperatura das águas na plataforma continental pode variar de 21.5° C em janeiro para 30° C em setembro, como oscilações de até 4°C em um dia de verão, logo, as espécies de polvos presentes nessa região, não são expostos somente a significantes variações anuais como também flutuações diárias ou semanais (Rosa et al., 2004; Juárez et al., 2015). A região também é afetada por anormalidades causadas pelo ENOS (El Niño Oscilação-Sul), onde nos anos de 1998 e 2002, por exemplo, a superfície do mar alcançou níveis de 3° C acima da temperatura normal (Rosa et al., 2004).

Octopus maya (G.L. Voss & Solís, 1966), é uma espécie endêmica que ocupa a plataforma continental da Península do Yucatán, a correnteza do Canyon de Campeche e a ressurgência no Yucatán são as principais variáveis que influenciam sua faixa de distribuição (Juárez et al., 2015). A ressurgência ocorre no verão e primavera quando a corrente do Yucatán é mais forte, durante a ressurgência as temperaturas na plataforma são mais baixas do que na

região ao leste, e aumentam para 26° C na costa norte. No outono e inverno grande parte da plataforma possui temperaturas de 22.5° C (Juárez et al., 2015).

A expansão de distribuição *O. insularis* no Golfo do México e a probabilidade de expansão da espécie para regiões da Península do Yucatán são especificamente preocupantes quando comparamos a espécie com *O. maya*. No Golfo do México, o aquecimento pode promover mudanças na distribuição de *O. maya* para águas mais profundas ou para latitudes mais altas, onde terá que competir por espaço e alimento com *Octopus americanus* ou ser excluído pela competição com *O. insularis* que é mais tolerante à temperatura (Lenz et al., 2015; Lima et al., 2014). Até o momento, apesar de haver registros de *O. insularis* em regiões costeiras próximas à Península do Yucatán (Rosa et al., 2024), esta revisão não encontrou trabalhos com registros da espécie na Península em si, talvez a espécie esteja evitando ativamente as águas frias causadas pela ressurgência sazonal (Enriquez et al., 2013; Juárez et al., 2018). No entanto, no senso de distribuição *O. maya* apresenta desvantagem quando comparada com *O. insularis*, já que sua baixa capacidade de dispersão (pela falta da fase planctônica – Rosa et al., 2004), e sua afinidade específica a águas mais frias, restringem muito sua distribuição. Alguns modelos mostraram que poderia haver habitats adequados para espécies no norte da Península do Yucatán onde a espécie poderia reter uma população estável, mas ainda assim significando perda em comparação com a distribuição atual (Ángeles-González et al., 2017, 2021). A falta de habilidade de movimento para novas áreas adequadas pode ser o principal fator relacionado à vulnerabilidade da espécie em situações de estresse inesperados.

A extensão prevista para *O. insularis* no Golfo do México pode comprometer ainda mais as populações de *O. maya* quando consideramos os ciclos de vida das duas espécies. Primeiramente, *O. insularis* é uma espécie com alta taxa de fertilidade, produzindo cerca de 85.000 ovos (Lenz et al., 2015), enquanto *O. maya* produzem somente cerca de 1000 a 2000 ovos (Tercero et al., 2015). Além disso, o aumento de temperatura acelera o processo de desenvolvimento gonadal de *O. insularis* e podem aumentar as taxas de crescimento (Lima et al., 2020). Temperaturas mais altas afetam a performance reprodutiva de *O. maya*, relacionando-se negativamente com aspectos importantes como número de ovos, fertilização e taxa de sucesso na eclosão, adicionalmente a espécie possui dois picos reprodutivos por ano, os dois são dependentes de temperatura, onde o primeiro pico é estimulado pelas águas mais frias da ressurgência primavera-verão no nordeste da plataforma do Yucatán, e o segundo é

estimulado pela diminuição da temperatura da água pelo inverno em toda a área de distribuição da espécie (Juárez et al., 2015).

Em experimentos de Juárez et al. (2015) fêmeas foram expostas à diferentes temperaturas entre 31° e 24° C, seus dados mostraram que 87% das fêmeas puderam fazer a postura somente quando o sistema alcançou temperaturas iguais ou menores de 27° C. Esses dados sugerem que 27° C é o limite de tolerância de temperatura para postura de ovos nesta espécie. Ainda que haja postura em temperaturas mais altas, o desenvolvimento é afetado. Somente 13% das fêmeas fizeram postura de ovos em 31° C, no entanto, ovos colocados nessa temperatura não demonstraram desenvolvimento embrionário, provavelmente por deficiência na fertilização e degradação de vitelo (Juárez et al., 2015). Segundo Rosa et al. (2014), a temperatura recomendada para embriões de *O. maya* é entre 24° e 26° C, pois em temperaturas acima, pode ocorrer inibição da vitelogênese.

Enquanto Juárez et al. (2015) focou na fertilidade e comportamento reprodutivo de fêmeas, o estudo de López-Galindo et al. (2019) foi o primeiro a avaliar o efeito da temperatura na capacidade e sucesso reprodutivo de machos de *O. maya*. A temperatura é um fator que pode moldar a capacidade reprodutiva de populações de *O. maya*, reduzindo sua maturação funcional e capacidade de produção do espermátóforo quando a temperatura ambiental no Yucatán alcança cerca de 30° C (López-Galindo et al., 2019). Como dito anteriormente, o tamanho de cefalópodes está relacionada com sua fecundidade (Mangold, 1987), e aumentos de temperatura provocam aumento em suas demandas energéticas para manter sua homeostase, mesmo que custe redução no crescimento (Sokolova et al., 2012), adicionalmente, temperaturas de 28° a 30° C também mostraram efeitos negativos nas glândulas digestivas de machos adultos de *O. maya*, demonstrando alimentação descontínua. Esse efeito deletério nas glândulas digestivas pode afetar diretamente a performance reprodutiva de machos já que grande parte da energia utilizada na reprodução tem origem nesse órgão. (López-Galindo et al., 2019). Altas temperaturas afetam vários níveis do funcionamento do sistema reprodutivo de machos: dilatação dos túbulos seminíferos, encolhimento do local de produção de espermatozóides, desordem geral na organização do tecido germinativo, etc. Além disso, aumentos de temperatura possuem papel importante na contribuição parental (sucesso reprodutivo) de *O. maya*. A partir de 28° C, reduções na contribuição parental foram observadas por López-Galindo et al. (2019), esse padrão foi mais

evidente em temperaturas de 30° C onde os machos utilizados nos experimentos não apresentaram contribuição parental, independente da ordem de cópula.

Também é importante apontar que *O. maya* é atualmente um dos recursos pesqueiros mais importantes devido à produtividade, valor econômico e demanda internacional (Velázquez-Abunader et al., 2013) contribuindo para mais de 60% da produção de pesca na região da Península do Yucatán (Velázquez-Abunader et al., 2013; Ángeles-González et al., 2020). Populações que dependem tradicionalmente da espécie como recurso podem sofrer perdas econômicas substanciais. No entanto, se o cenário de diminuição ou exclusão da espécie por efeitos de mudanças climáticas for inevitável é possível que a pesca seja redirecionada para *O. insularis*.

A revisão apresentada neste tópico demonstrou que devido ao estresse termal, a sobreposição de dietas e habitats, a baixa fertilidade, perda da performance reprodutiva e baixa dispersão *O. insularis* pode ter maior sucesso competitivo sobre *O. maya*, ademais, Juárez et al. (2015) apontou para *O. maya* como uma espécie vulnerável à mudanças climáticas e que qualquer modificação em seu habitat que interrompa a continuidade de ressurgência do Yucatán ou que traga diminuição nos períodos de inverno pode afetar negativamente a abundância e produtividade dessas populações.

4.4 Pesca e superexploração

Em contraste com muitos estoques de peixes, populações de cefalópodes parecem ter aumentado em escalas globais nas últimas décadas, em parte pela redução na abundância de predadores por pesca exploratória de peixes de valor comercial (Doubleday et al., 2016), e a expansão de mercados gastronômicos (Coronado et al., 2020). Adicionalmente, a aquicultura de polvos cresce mais a cada década, a prática existe por uma variedade de razões além do consumo humano, como, por exemplo, o crescente interesse na pesquisa farmacêutica (Vidal et al. 2014; Rosa et al., 2024).

Novas técnicas de aquicultura de cefalópodes têm sido desenvolvidas para algumas espécies utilizadas no consumo, pesquisa e exposições, e informações relacionadas a métodos de captura, necessidades básicas (qualidade da água, sistema dos tanques, condições para eclosão etc) e dietas (naturais ou artificiais) para essas espécies têm sido publicadas (Vidal et

al., 2014), no entanto existe o consenso de que a maior dificuldade apresentada na cultura desses animais é o conhecimento insuficiente relacionado às melhores necessidades nutricionais e às dificuldades de reprodução em cativeiro (O'Brien et al., 2018).

De acordo com a FAO (2023), pescas globais de cefalópodes alcançaram cerca de 380.000t em 2020, no entanto, devido ao crescimento no interesse desse recurso e aumento de seus valores, somado com os efeitos revisados neste trabalho, mesmo pescas de pequena escala podem se tornar insustentáveis (Pita et al., 2021) Devido ao aumento da dependência econômica de polvos como fontes alimentícias em muitas regiões do mundo (Sauer et al., 2021), destaca-se aqui novamente a necessidade da pesquisa de sua taxonomia correta, delimitação de suas distribuições geográficas, e funcionamento de suas dinâmicas populacionais, sendo essencial para isto, a aprimoração de relatórios de estatísticas de captura, assim como a melhora na identificação correta de estoques pesqueiros, para que possamos utilizar esse recurso de forma mais sustentável, assim como para auxílio de melhores planos de manejo e conservação (Rosa et al., 2024).

4.5 Perspectivas de pesquisas com Octopus

Com a crescente popularidade e importância de polvos, literatura científica focada para grupos dentro da ordem Octopoda tem crescido nas últimas décadas, segundo Rosa et al. (2024) e registros do WoS Database (2023), desde 1990 o tópico mais comum discutido foi Ciclo de vida, de fato, o entendimento de ciclos de vida é essencial para a compreensão de outras áreas de pesquisa. Nos últimos anos houve aumento do estudo de tópicos sobre comportamento, associado com as crescentes preocupações com bem-estar (O'Brien et al., 2018), assim como aumentos de estudo relacionados com genômica e evolução, provavelmente pelo maior acesso a instrumentos (por exemplo programas) de estudo biomolecular, e grande acesso a informações de sequências de DNA (Rosa et al., 2024). Adicionalmente, foram observados aumentos no estudo de diversidade e biogeografia, relacionado com a importância do tópico à biodiversidade atual e mudanças climáticas. No entanto, até 2023 trabalhos focados em mudanças climáticas foram apontados por Rosa et al. (2024) como os menos estudados. De fato, durante o processo de coleta de dados para este trabalho, foi percebido que a quantidade de estudos a respeito de efeitos de mudanças

climáticas em octopus é limitado, enquanto outros trabalhos com outros gêneros da família Octopodidae são quase inexistentes.

Aquecimento, acidificação e desoxigenação são os efeitos abióticos com maior impacto em espécies e ecossistemas marinhos em escala global (IPCC 2023), no entanto, Borges et al. (2022) apontou que pesquisas de mudanças climáticas marinhas se mostraram significativamente tendenciosas ao foco de aquecimento e temperatura, enquanto pesquisas envolvendo acidificação e desoxigenação estão notavelmente ficando para trás, especialmente em estudos relacionados à Octopoda. Curiosamente, muitas pesquisas de polvos relacionadas com níveis oscilantes de O₂ foram publicadas entre a década de 1980 e o começo dos anos 2000, no entanto o estudo desse efeito diminuiu nos últimos 20 anos. Essa tendência pode ser vista neste trabalho, grande parte desta revisão focou em aquecimento, com poucas menções à acidificação, desoxigenação ou outros elementos como salinidade, podendo ser utilizado como exemplo para uma falta de material bibliográfico para estes tópicos. Outro ponto observado como necessidade neste trabalho envolve a relação entre os efeitos, muitos dos materiais encontrados estudam impactos em características isoladas, tendo sido vistos poucos estudos que analisam e relacionam estas características entre si para melhor entendimento do impacto ecossistêmico, por exemplo, tendo em vista que aquecimento pode acelerar o crescimento desses animais, podemos ver diminuição do período da fase larval, tendo em vista que espécies como *O. vulgaris*, *O. americanus* e *O. insularis* dependem desta fase para sua grande faixa de distribuição, qual seria o impacto que mudanças no desenvolvimento larval teriam na distribuição desses animais?

A “Ciência cidadã” (participação da população em pesquisas científicas) é uma prática em crescimento que tem se mostrado muito valiosa, especialmente no campo da ecologia (Rosa et al., 2024) Segundo Fraisl et al. (2022), em termos de pesquisa relacionada à biodiversidade, projetos de ciência cidadã contribuíram com cerca de 50% dos dados de biodiversidade global em diferentes bases de dados. Da mesma forma, essa prática tem sido utilizada na pesquisa dos impactos de mudanças climáticas em polvos (Pecl et al., 2019). Um exemplo é o projeto “Redmap Australia” (<https://www.redmap.org.au/>), um site onde a população australiana é incentivada a registrar espécies marinhas “incomuns” encontradas em suas regiões, criando uma conexão entre registros feitos pela população e pesquisas científicas de distribuição de espécies. O projeto mostrou a expansão de *O. tetricus* além de sua distribuição conhecida, auxiliando em estudos dessa expansão (Pecl et al., 2019).

Para concluir este tópico, neste trabalho foi apontado em diferentes seções a grande importância que esses animais possuem em diferentes níveis tróficos, como presas e predadores, assim como o fato de que mudanças de temperatura e salinidade podem afetar glândulas digestivas ou afetar taxas de ingestão de alimento, no entanto foi observado na coleta de textos que existe uma escassez de material que relacione as mudanças climáticas diretamente com o comportamento predatório ou de forrageio de polvos, e o quanto fatores abióticos e fisiológicos podem afetar esse comportamento, e aqui são apontados como questões que precisam ser resolvidas para melhor compreensão do impacto desses animais em níveis tróficos e até reprodução, já que esta é associada com a alimentação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim como o quadro branco de uma sala de aula, revisões bibliográficas são materiais onde a reunião de conhecimentos publicados podem ser visualizados de forma ampla, podendo ser utilizadas para incitar ideias de pesquisas oriundas de conhecimentos que antes não eram conectados. E assim como em uma sala de aula, os conhecimentos também geram perguntas, neste estudo algumas dúvidas como “Qual a base genética e comportamental que determina o comportamento de dispersão, movimento e seu limite?” “Quais efeitos parentais influenciam mais nas dinâmicas populacionais?” foram despertadas. Este trabalho demonstrou primeiramente que, apesar de algumas espécies demonstrarem vantagens em cenários de mudanças climáticas, essas vantagens podem não se prolongar a longo-prazo e se extinguir quando a faixa de tolerância dessas espécies for ultrapassada, o que é esperado com o aumento da severidade de cenários. Além disso, tais “vantagens” podem significar piora na condição de espécies que já sofrem os efeitos de mudanças. Aponta-se também que ainda existem muitos tópicos a serem discutidos dentro deste tema e que animais do gênero *Octopus*, como um grupo cosmopolita, são de grande importância para seus respectivos ecossistemas, economias locais, e pesquisa, logo, afirmo que existe a maior necessidade de estudos sobre esses animais, suas tolerâncias, e sobre o monitoramento de alterações em sua biologia e ecologia.

REFERÊNCIAS

ALBA, Jomarie Cassie. Predatory strategies and behaviors of *Octopus rubescens* in response to ocean warming and acidification. 2020. Tese (Mestrado em ciências) Disponível em: https://gab.wallawalla.edu/~kirt.onthank/docs/JoMarie_Alba_Thesis_Final.pdf. Acesso em: 12 jul. 2025.

ÁLAIN, Caverivière et al. Observations on the influence of temperature on the length of embryonic development in *Octopus garis* (Senegal). *Aquatic Living Resources*, [s. l.], 1999. DOI [https://doi.org/10.1016/S0990-7440\(99\)80024-2](https://doi.org/10.1016/S0990-7440(99)80024-2). Disponível em: <https://www.alr-journal.org/articles/alr/abs/1999/02/alr9234/alr9234.html>. Acesso em: 15 jul. 2025.

ALVES, Jonatas; HAIMOVICI, Manuel. Reproductive biology of *Octopus tehuetchus* d'Orbigny, 1834 (Cephalopoda: Octopodidae) in southern Brazil. *THE NAUTILUS*, [s. l.], 2011. Disponível em: <https://www.biodiversitylibrary.org/part/174684>. Acesso em: 15 jul. 2025.

AMOR, Michael D. et al. Allopatric Speciation within a Cryptic Species Complex of Australasian Octopuses. *PlosOne*, [s. l.], 2014. DOI <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098982>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0098982>. Acesso em: 16 jul. 2025.

ÁNGELES-GONZÁLEZ, Luis Enrique et al. Climate change effect on *Octopus maya* (Voss and Solís-Ramírez, 1966) suitability and distribution in the Yucatan Peninsula, Gulf of Mexico: A correlative and mechanistic approach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, [s. l.], 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107502>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0272771421003541>. Acesso em: 16 jul. 2025.

ÁNGELES-GONZÁLEZ, Luis Enrique et al. Exploring the effects of warming seas by using the optimal and pejus temperatures of the embryo of three Octopoda species in the Gulf of Mexico. *Journal of Thermal Biology*, [s. l.], 2020. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102753>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306456520305258?via%3Dihub>. Acesso em: 16 jul. 2025.

ÁNGELES-GONZÁLEZ, Luis Enrique et al. Temperature modulates spatio-temporal variability of the functional reproductive maturation of *Octopus maya* (Cephalopoda) on the shelf of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Journal of Molluscan Studies*, [s. l.], 2017. DOI <https://doi.org/10.1093/mollus/eyx013>. Disponível em: <https://academic.oup.com/mollus/article/83/3/280/3100360?login=false>. Acesso em: 16 jul. 2025.

AVENDAÑO, Otilio et al. *Octopus americanus*: a cryptic species of the *O. vulgaris* species complex redescribed from the Caribbean. *Aquatic Ecology*, [s. l.], 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10452-020-09778-6>. Acesso em: 16 jul. 2025.

BALGUERIAS, Eduardo. On the identity of *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 stocks in the Saharan Bank (Northwest Africa) and their spatio-temporal variations in abundance in relation to some environmental factors. *Bulletin of Marine Science*, [s. l.], 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/233707800_On_the_identity_of_Octopus_vulgaris_Cuvier_1797_stocks_in_the_Saharan_Bank_Northwest_Africa_and_their_spatio-temporal_variations_in_abundance_in_relation_to_some_environmental_factors. Acesso em: 16 jul. 2025.

BELCARI, P. Distribution and abundance of *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 (Cephalopoda:Octopoda) in the Mediterranean Sea. *Mediterranean Marine Demersal Resources: The Medits International Trawl Survey*, [s. l.], 2002. Disponível em: <https://scientiamarina.revistas.csic.es/index.php/scientiamarina/article/view/614>. Acesso em: 16 jul. 2025.

BOLETZKY, S.V. A contribution to the study of yolk absorption in the cephalopoda. *Zeitschrift für Morphologie der Tiere*, [s. 1.], 1975. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00285654>. Acesso em: 15 jul. 2025.

BOLETZKY, S.V. Embryonic development of cephalopods at low temperatures. Cambridge University Press, [s. 1.], 2004. DOI <https://doi.org/10.1017/S0954102094000210>. Disponível em:

<https://www.cambridge.org/core/journals/antarctic-science/article/abs/embryonic-development-of-cephalopods-at-low-temperatures/E6097D7347A9AF51951E44157923C80D>. Acesso em: 15 jul. 2025.

BORGES, Francisco O. et al. Climate-Change Impacts on Cephalopods: A Meta-Analysis. *Integrative and Comparative Biology*, [s. 1.], 2023. DOI <https://doi.org/10.1093/icb/icad102>. Disponível em: <https://academic.oup.com/icb/article/63/6/1240/7226693>. Acesso em: 15 jul. 2025.

BORGES, Francisco O. Projecting future climate change impacts on the distribution of the ‘*Octopus vulgaris* species complex’. *Sec. Marine Evolutionary Biology, Biogeography and Species Diversity*, [s. 1.], 2022. DOI <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1018766>. Disponível em:

<https://www.frontiersin.org/journals/marine-science/articles/10.3389/fmars.2022.1018766/full>. Acesso em: 16 jul. 2025.

BOYLE, P. and RODHOUSE, P. (2005) *Cephalopods: Ecology and Fisheries*. Blackwell Science, Oxford. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470995310>

BOYLE, P. R.; BOLETZKY, S. V. Cephalopod populations: definition and dynamics. Royal Society, [s. 1.], 1996. DOI <https://doi.org/10.1098/rstb.1996.0089>. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.1996.0089>. Acesso em: 15 jul. 2025.

BRANCH, Trevor A. et al. Impacts of ocean acidification on marine seafood. *Trends in Ecology & Evolution*, [s. 1.], março 2013. DOI <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.10.001>.

Disponível em:
https://id.elsevier.com/as/authorization.oauth2?platSite=LT%2Fcell&site=cell-site&scope=openid+profile+address+email+els_auth_info+els_analytics_info+urn%3Acom%3Aelsevier%3Aidp%3Apolicy%3Aproduct%3Aindv_identity&response_type=code&redirect_uri=https%3A%2F%2Fwww.cell.com%2Fcallback%3Fred_uri%3D%252Ftrends%252Fecology-evolution%252Fretrieve%252Fpii%252FS0169534712002625%253F_returnURL%253Dhttps%25253A%25252F%25252Flinkinghub.elsevier.com%25252Fretrieve%25252Fpii%25252FS0169534712002625%25253Fshowall%25253Dtrue&state=16076447716&authType=SINGLE_SIGN_IN&client_name=Cell+Press&prompt=none&client_id=JBS&additionalPlatSites=LT%2Fjbs%2CSD%2Fscience%2CLT%2Fthelancet%2CLT%2Fgeneric. Acesso em: 14 jul. 2025.

CABALLERO-ALFONSO, A. M. The role of climatic variability on the short-term fluctuations of octopus captures at the Canary Islands. *Fisheries Research*, [s. l.], 2010. DOI <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2009.12.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165783609003221>. Acesso em: 16 jul. 2025.

CADDY, J. F.; RODHOUSE, P. G. Cephalopod and Groundfish Landings: Evidence for Ecological Change in Global Fisheries?. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, [s. l.], 1998. DOI <https://doi.org/10.1023/A:1008807129366>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1008807129366>. Acesso em: 15 jul. 2025.

COLL, Marta et al. Assessing the trophic position and ecological role of squids in marine ecosystems by means of food-web models. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, [s. l.], 2013. DOI <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2012.08.020>. Disponível em: <https://referenciabibliografica.net/a/pt-br/ref/abnt>. Acesso em: 15 jul. 2025.

CORONADO, Eve. Disentangling the complexity of small-scale fisheries in coastal communities through a typology approach: The case study of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Regional Studies in Marine Science*, [s. l.], 2020. DOI <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101312>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352485520304400>. Acesso em: 16 jul. 2025.

CÔRTEZ, Mariana O. et al. Review of the ecological aspects of sympatric species *Octopus americanus* and *Octopus insularis* (Cephalopoda: Octopodidae) in the Western Atlantic. *Current Zoology*, [s. l.], 2025. DOI <https://doi.org/10.1093/cz/zoaf023>. Disponível em: <https://academic.oup.com/cz/advance-article/doi/10.1093/cz/zoaf023/8134152?login=false>. Acesso em: 16 jul. 2025.

CORTEZ, T. et al. Reproduction and condition of female *Octopus mimus* (Mollusca: Cephalopoda). *Marine Biology*, [s. l.], 1995. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00349229>. Acesso em: 15 jul. 2025.

DE LA CHESNAIS, Thibaut et al. The ecological role of cephalopods and their representation in ecosystem models. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, [s. l.], 1 abr. 2019. DOI (<https://doi.org/10.1007/s11160-019-09554-2>). Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11160-019-09554-2>. Acesso em: 12 jul. 2025.

DOMÍNGUEZ-CONTRERAS, José F. A New Record in a Well-Established Population of *Octopus hubbsorum* (Cephalopoda: Octopodidae) Expands its Known Geographic Distribution Range and Maximum Size. *BioOne Research Evolved*, [s. l.], 2013. DOI <http://www.bioone.org/doi/full/10.4003/006.031.0122>. Disponível em: <http://www.bioone.org/doi/full/10.4003/006.031.0122>. Acesso em: 16 jul. 2025.

DONEY, Scott C, Fabry VJ, Feely RA, Kleypas JA (2009) Ocean acidification: the other CO2 problem.

DONEY, Scott C, Ruckelshaus M, Emmett Duffy J, Barry JP, Chan F, English CA, Galindo HM,

DONEY, Scott C. The growing human footprint on coastal and open-ocean biogeochemistry. *Changing Oceans*, [s. 1.], 18 jun. 2010. DOI <https://doi.org/10.1126/science.1185198>. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1185198>. Acesso em: 12 jul. 2025.

DOUBLEDAY, Zoë A. et al. Global proliferation of cephalopods. *Current Biology*, [S. 1.], p. 6 - 7, 23 maio 2016. DOI <https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.04.002>. Disponível em: [https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822\(16\)30319-0?version=meter+at+1&module=meter-Links&pgtype=article&contentId=&mediaId=&referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F&priority=true&action=click&contentCollection=meter-links-click](https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822(16)30319-0?version=meter+at+1&module=meter-Links&pgtype=article&contentId=&mediaId=&referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F&priority=true&action=click&contentCollection=meter-links-click). Acesso em: 12 jul. 2025.

FORSYTHE, J.W.; HANLON, R. T. Effect of temperature on laboratory growth, reproduction and life span of *Octopus bimaculoides*. *Marine Biology*, [s. 1.], 1988. DOI <https://doi.org/10.1007/BF00391113>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00391113>. Acesso em: 16 jul. 2025.

FRAISL, Dilek et al. Citizen science in environmental and ecological sciences. *Nature reviews methods primers*, [s. 1.], 2022. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s43586-022-00144-4>. Acesso em: 16 jul. 2025.

GLEADALL, I. G. and Naggs, F. C. 1991. The Asian ocellate octopuses II. The validity of *Octopus fangsiao* d'Orbigny. *Annals of Applied Information Sciences* 16: 173–180.

GLEADALL, Ian. *Octopus sinensis* d'Orbigny, 1841 (Cephalopoda: Octopodidae): Valid Species Name for the Commercially Valuable East Asian Common Octopus. *Species Diversity*, [s. 1.], 2016. DOI <https://doi.org/10.12782/sd.21.1.031>. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/specdiv/21/1/21_31/_article. Acesso em: 16 jul. 2025.

GONZÁLEZ-GÓMEZ, Roberto. Biodiversity of octopuses in the Americas. *Marine Biology*, [s. 1.], 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00227-024-04489-0>. Acesso em: 16 jul. 2025.

GONZÁLEZ, Ángel F.; PIERCE, Graham J. Advances in the study of cephalopod fisheries and ecosystems. *Fisheries Research*, [s. l.], 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2021.105975>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016578362100103X>. Acesso em: 15 jul. 2025.

GONZÁLEZ, M.; SÁNCHEZ, P. Cephalopod assemblages caught by trawling along the Iberian Peninsula mediterranean coast. *Scientia Marina*, [s. l.], 2002. DOI <https://doi.org/10.3989/scimar.2002.66s2199>. Disponível em: <https://scientiamarina.revistas.csic.es/index.php/scientiamarina/article/view/617>. Acesso em: 16 jul. 2025.

GUERRA, Ángel et al. Cephalopod life history, ecology and fisheries: An introduction. *Fisheries Research*, [s. l.], 2010. DOI <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2010.09.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165783610002110?via%3Dihub>. Acesso em: 16 jul. 2025.

HANLON, Roger T.; MESSENGER, John B. *Cephalopod Behaviour*. [S. l.: s. n.], 2018. DOI <https://doi.org/10.1017/9780511843600>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/books/cephalopod-behaviour/2D21474D460811C160EFDBA35796FAC0#fndtn-information>. Acesso em: 15 jul. 2025.

HANNAH, Lee et al. Conservation of Biodiversity in a Changing Climate. *Conservation Biology*, [s. l.], 2002. DOI <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.00465.x>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/234051833_Conservation_of_Biodiversity_in_a_Changing_Climate. Acesso em: 16 jul. 2025.

HERMOSILLA, Consuelo et al. Assessing *Octopus vulgaris* distribution using presence-only model methods. *Hydrobiologia*, [s. l.], 2011. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10750-011-0671-y>. Acesso em: 16 jul. 2025.

IGLESIAS, Paula. Effect of low salinity on survival and ingested food of the common octopus, *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797. *Journal of Applied Aquaculture*, [s. l.], 2016. DOI <https://doi.org/10.1080/10454438.2016.1190953>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10454438.2016.1190953>. Acesso em: 16 jul. 2025.

IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to*

JUÁREZ, Oscar E. et al. Is temperature conditioning *Octopus maya* fitness?. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, [s. l.], 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2015.02.020>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022098115000556?via%3Dihub>. Acesso em: 16 jul. 2025.

KLAICH, Matias Javier. Effect of temperature, sexual maturity and sex on growth, food intake and gross growth efficiency in the "Pulpito" *Octopus tehuelchus* (d'Orbigny, 1834). *Journal of Shellfish Research*, [s. l.], 2006. DOI [https://doi.org/10.2983/0730-8000\(2006\)25\[979:EOTSMA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2983/0730-8000(2006)25[979:EOTSMA]2.0.CO;2). Disponível em: [https://bioone.org/journals/journal-of-shellfish-research/volume-25/issue-3/0730-8000\(2006\)25\[979:EOTSMA\]2.0.CO;2/EFFECT-OF-TEMPERATURE-SEXUAL-MATURITY-AND-SEX-ON-GROWTH-FOOD/10.2983/0730-8000\(2006\)25\[979:EOTSMA\]2.0.CO;2.short](https://bioone.org/journals/journal-of-shellfish-research/volume-25/issue-3/0730-8000(2006)25[979:EOTSMA]2.0.CO;2/EFFECT-OF-TEMPERATURE-SEXUAL-MATURITY-AND-SEX-ON-GROWTH-FOOD/10.2983/0730-8000(2006)25[979:EOTSMA]2.0.CO;2.short). Acesso em: 15 jul. 2025.

LEITE, T. S. Habitat, distribution, and abundance of the commercial octopus (*Octopus insularis*) in a tropical oceanic island, Brazil: Information for management of an artisanal fishery inside a marine protected area. *Fisheries Research*, [s. l.], 2009. DOI <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2009.04.001>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165783609000939>. Acesso em: 16 jul. 2025.

LENZ, Tiago M. First Description of the Eggs and Paralarvae of the Tropical Octopus, *Octopus insularis*, Under Culture Conditions. *American Malacological Bulletin*, [s. 1.], 2015. DOI <https://doi.org/10.4003/006.033.0115>. Disponível em: <https://bioone.org/journals/american-malacological-bulletin/volume-33/issue-1/006.033.0115/First-Description-of-the-Eggs-and-Paralarvae-of-the-Tropical/10.4003/006.033.0115.short>. Acesso em: 16 jul. 2025.

LIMA, Françoise D. et al. Global climate changes over time shape the environmental niche distribution of *Octopus insularis* in the Atlantic Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, [s. 1.], 2020. DOI <https://doi.org/10.3354/meps13486>. Disponível em: <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v652/meps13486>. Acesso em: 16 jul. 2025.

LIMA, Françoise D. et al. Occurrence of *Octopus insularis* Leite and Haimovici, 2008 in the Tropical Northwestern Atlantic and implications of species misidentification to octopus fisheries management. *Marine biodiversity*, [s. 1.], 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12526-017-0638-y>. Acesso em: 16 jul. 2025.

LIMA, Françoise D. et al. Population structure and reproductive dynamics of *Octopus insularis* (Cephalopoda: Octopodidae) in a coastal reef environment along northeastern Brazil. *Fisheries Research*, [s. 1.], 2014. DOI <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2013.08.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165783613002026>. Acesso em: 16 jul. 2025.

LISCOVITCH-BRAUER, Noa et al. Trade-off between Transcriptome Plasticity and Genome Evolution in Cephalopods. *Cell*, [s. 1.], 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.cell.2017.03.025>. Disponível em: [https://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-8674\(17\)30344-6?_returnURL=https%3A%2F%2F](https://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-8674(17)30344-6?_returnURL=https%3A%2F%2F)

inkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0092867417303446%3Fshowall%3Dtrue.

Acesso em: 15 jul. 2025.

LONGO, G. O. et al. Between-habitat variation of benthic cover, reef fish assemblage and feeding pressure on the benthos at the only atoll in South Atlantic: Rocas Atoll, NE Brazil. *Plos One*, [s. l.], 2015. DOI <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127176>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0127176>. Acesso em: 16 jul. 2025.

LÓPEZ-GALINDO, Laura et al. Reproductive performance of *Octopus maya* males conditioned by thermal stress. *Ecological Indicators*, [s. l.], 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.09.036>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X18307118>. Acesso em: 16 jul. 2025.

LÓPEZ-URIARTE, Ernesto et al. Range extension for *Octopus hubbsorum* (Mollusca: Octopodidae) in the Mexican Pacific. *Bulletin of Marine Science*, [s. l.], 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/233488874_Range_extension_for_Octopus_hubbsorum_Mollusca_Octopodidae_in_the_Mexican_Pacific. Acesso em: 16 jul. 2025.

MANGOLD, K. 1983 *Octopus vulgaris*. p. 335-364. In P.R. Boyle (ed). *Cephalopod Life Cycles*. Academic Press, London.

MANGOLD, K. and BOLETZKY, S. 1987 *Cephalopodes*. 1:633-714. In *Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. (Revision 1) Méditerranée et mer Noire. Zone de Pêche 37*.

NIXON, Marion; YOUNG, John Z. *The Brains and Lives of Cephalopods*. [S. l.: s. n.], 2005. DOI <https://doi.org/10.1080/00222930400002606>. Disponível em: <https://global.oup.com/academic/product/the-brains-and-lives-of-cephalopods-9780198527619?cc=br&lang=en&>. Acesso em: 15 jul. 2025.

O'BRIEN, Caitlin et al. The Current State of Cephalopod Science and Perspectives on the Most Critical Challenges Ahead From Three Early-Career Researchers. *Frontiers Physiology*, [s. l.], 2018. DOI <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00700>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/physiology/articles/10.3389/fphys.2018.00700/full>.

Acesso em: 15 jul. 2025.

O'BRIEN, Caitlin. A preliminary investigation of the response of *Octopus vulgaris* to experimental stimuli in the wild. *Journal of Molluscan Studies*, [s. l.], 2021. DOI <https://doi.org/10.1093/mollus/eyab032>. Disponível em: <https://academic.oup.com/mollus/article/87/3/eyab032/6369772?login=false>. Acesso em: 16 jul. 2025.

O'DOR, R. K.; WEBBER, D. M. Invertebrate Athletes: Trade-Offs Between Transport Efficiency and Power Density in Cephalopod Evolution. *Journal of Experimental Biology*, [s. l.], 1991. DOI <https://doi.org/10.1242/jeb.160.1.93>. Disponível em: <https://journals.biologists.com/jeb/article-abstract/160/1/93/5992/Invertebrate-Athletes-Trade-Offs-Between-Transport>. Acesso em: 15 jul. 2025.

OOSTHUIZEN, A.; SMALE, M. J. Population biology of *Octopus vulgaris* on the temperate south-eastern coast of South Africa. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, [s. l.], 2003. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-the-marine-biological-association-of-the-united-kingdom/article/abs/population-biology-of-octopus-vulgaris-on-the-temperate-southeastern-coast-of-south-africa/96DE8B0DA544D6B9A4FA9ECB82C3FE30>. Acesso em: 16 jul. 2025.

OSMAN, Inas H. et al. Morphometric variations and genetic analysis of Lessepsian migrant *Octopus aegina* (Cephalopoda: Octopodidae). *Journal of King Abdulaziz University: Marine Sciences*; Jeddah, [s. l.], 2014. Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/1bbfdfe9efe9601f16a298337b10d916/1?pq-origsite=scholar&cbl=426360>. Acesso em: 16 jul. 2025.

PACHAURI, R. K, MAYER, L, Intergovernmental Panel on Climate Change (eds) (2015) Climate change 2014: synthesis report. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland

PECL, Greta T. et al. Redmap Australia: Challenges and Successes With a Large-Scale Citizen Science-Based Approach to Ecological Monitoring and Community Engagement on Climate Change. Sec. Global Change and the Future Ocean, [s. l.], 2019. DOI <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00349>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/marine-science/articles/10.3389/fmars.2019.00349/full>. Acesso em: 16 jul. 2025.

PIERCE, G. J. Cephalopod biology and fisheries in Europe. Geomar, [s. l.], 2010. Disponível em: <https://oceanrep.geomar.de/id/eprint/10074/>. Acesso em: 16 jul. 2025.

PITA, Cristina et al. Fisheries for common octopus in Europe: socioeconomic importance and management. Fisheries Research, [s. l.], 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2020.105820>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165783620303374>. Acesso em: 16 jul. 2025.

POLOCZANSKA, E.S. Climate change and Australian marine life. [S. l.: s. n.], 2007. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=bb5dEUANTp0C&oi=fnd&pg=PA407&dq=Poloczanska+et+al,+2007&ots=NF9crEk3o3&sig=kbTowErvOhDpcp2YJsv1EopuBcg>. Acesso em: 15 jul. 2025.

POLOCZANSKA, Elvira S. et al. Responses of Marine Organisms to Climate Change across Oceans. Sec. Global Change and the Future Ocean, [s. l.], 2016. DOI <https://doi.org/10.3389/fmars.2016.00062>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/marine-science/articles/10.3389/fmars.2016.00062/full>. Acesso em: 16 jul. 2025.

PONDER, Winston F. et al. *Biology and Evolution of the Mollusca*. [S. l.: s. n.], 2020. v. 1. DOI <https://doi.org/10.1201/9781351115667>. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781351115667/biology-evolution-mollusca-volume-1-winston-frank-ponder-david-lindberg-juliet-mary-ponder>. Acesso em: 15 jul. 2025.

RAMOS, Jorge E. et al. Population genetic signatures of a climate change driven marine range extension. *Scientific reports*, [s. l.], 2018. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-27351-y>. Acesso em: 16 jul. 2025.

RAMOS, Jorge E. Reproductive capacity of a marine species (*Octopus tetricus*) within a recent range extension area. *Marine & freshwater research*, [s. l.], 2015. DOI <https://doi.org/10.1071/MF14126>. Disponível em: <https://www.publish.csiro.au/mf/mf14126>. Acesso em: 16 jul. 2025.

RÉ, Maria Edith. Estudios ecológicos sobre el crecimiento y la alimentación de *Octopus tehuelchus* d'Orbigny en Puerto Lobos, Golfo San Matías. 1989. Tese (Doctor en Ciencias Naturales) - Universidad Nacional de La Plata, [S. l.], 1989. Disponível em: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/4699>. Acesso em: 16 jul. 2025.

REPOLHO, Tiago. Developmental and physiological challenges of octopus (*Octopus vulgaris*) early life stages under ocean warming. *Journal of comparative physiology B*, [s. l.], 2014. DOI <https://doi.org/10.1007/s00360-013-0783-y>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00360-013-0783-y>. Acesso em: 15 jul. 2025.

RODHOUSE, Paul G. K. et al. Environmental Effects on Cephalopod Population Dynamics: Implications for Management of Fisheries. *Advances in Marine Biology*, [s. l.], 2014. DOI <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800287-2.00002-0>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128002872000020>. Acesso em: 15 jul. 2025.

ROSA, Rui et al. Effect of sexual maturation on the tissue biochemical composition of *Octopus vulgaris* and *O. defilippi* (Mollusca: Cephalopoda). *Marine Biology*, [s. l.], 2004. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00227-004-1340-8>. Acesso em: 16 jul. 2025.

ROSA, Rui et al. Global Patterns of Species Richness in Coastal Cephalopods. *Sec. Marine Evolutionary Biology, Biogeography and Species Diversity*, [s. l.], 2019. DOI <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00469>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/marine-science/articles/10.3389/fmars.2019.00469/full>. Acesso em: 16 jul. 2025.

ROSA, Rui et al. Lower hypoxia thresholds of cuttlefish early life stages living in a warm acidified ocean. *Proceedings of the royal society*, [s. l.], 2013. DOI <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.1695>. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rspb.2013.1695>. Acesso em: 16 jul. 2025.

ROSA, Rui et al. *Octopus Biology and Ecology*. [S. l.: s. n.], 2024. DOI <https://doi.org/10.1016/C2019-0-01818-3>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/book/9780128206393/octopus-biology-and-ecology>. Acesso em: 15 jul. 2025.

ROSA, Rui; SEIBEL, Brad A. Synergistic effects of climate-related variables suggest future physiological impairment in a top oceanic predator. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, [s. l.], 2008. DOI <https://doi.org/10.1073/pnas.0806886105>. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.0806886105>. Acesso em: 15 jul. 2025.

SALES, João Bráullio de Luna et al. Surveying cephalopod diversity of the Amazon reef system using samples from red snapper stomachs and description of a new genus and species of octopus. *Scientific reports*, [s. l.], 2019. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-42464-8>. Acesso em: 16 jul. 2025.

SAUER, Warwick H. H. World Octopus Fisheries. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, [s. l.], 2021. DOI <https://doi.org/10.1080/23308249.2019.1680603>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/23308249.2019.1680603>. Acesso em: 16 jul. 2025.

SOKOLOVA, Inna M. et al. Energy homeostasis as an integrative tool for assessing limits of environmental stress tolerance in aquatic invertebrates. *Marine Environmental Research*, [s. l.], 2012. DOI <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2012.04.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141113612000712>. Acesso em: 16 jul. 2025.

SOMERO, George N. The physiology of global change: Linking Patterns to Mechanisms. *Annual review of marine science*, [s. l.], 2012. DOI 10.1146/annurev-marine-120710-100935. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-marine-120710-100935>. Acesso em: 15 jul. 2025.

SPREITZENBARTH, Stefan; JEFFS, Andrew. Temperature induced changes in the development of embryos and paralarvae of the merobenthic octopus, *Octopus tetricus*. *Aquaculture*, [s. l.], 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736547>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004484862100209X?via%3Dihub>. Acesso em: 16 jul. 2025.

TERCERO, J. F. et al. Effects of parental diets supplemented with different lipid sources on *Octopus maya* embryo and hatching quality. *Aquaculture*, [s. l.], 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.05.023>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848615300144>. Acesso em: 16 jul. 2025.

URIARTE, I. et al. Effect of temperature on embryonic development of *Octopus mimus* under controlled conditions. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, [s. l.], 2012.

DOI <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2012.03.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022098112000810>. Acesso em: 15 jul. 2025.

VELÁZQUEZ, Iván. Differential Catchability by Zone, Fleet, and Size: The Case of the Red Octopus (*Octopus maya*) and Common Octopus (*Octopus vulgaris*) Fishery in Yucatan, Mexico. *Journal of Shellfish Research*, [s. l.], 2013. DOI <https://doi.org/10.2983/035.032.0328>. Disponível em: <https://bioone.org/journals/Journal-of-Shellfish-Research/volume-32/issue-3/035.032.0328/Differential-Catchability-by-Zone-Fleet-and-Size--The-Case/10.2983/035.032.0328.short>. Acesso em: 16 jul. 2025.

VIDAL, Erica A. G. et al. Current Status and Future Challenges in Cephalopod Culture. *Cephalopod Culture*, [s. l.], 2014. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-8648-5_26. Acesso em: 16 jul. 2025.

VILLANUEVA, Roger et al. Cephalopods as Predators: A Short Journey among Behavioral Flexibilities, Adaptations, and Feeding Habits. *Front. Physiol.*, 16 August 2017 Sec. Invertebrate Physiology, [s. l.], 2017. DOI <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00598>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/physiology/articles/10.3389/fphys.2017.00598/full>. Acesso em: 15 jul. 2025.

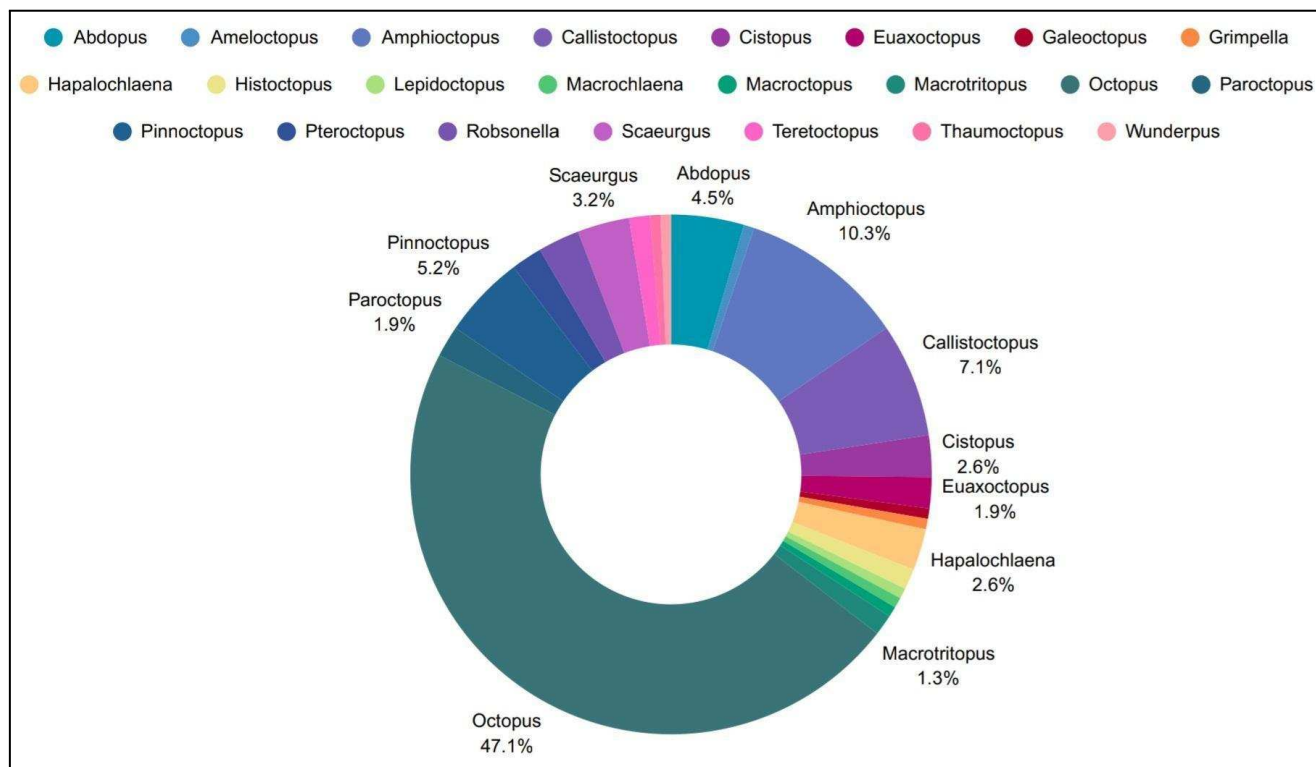
VILLANUEVA, Roger; NORMAN, Mark D. Biology Of The Planktonic Stages Of Benthic Octopuses. *Oceanography and Marine Biology*, [s. l.], 2008. DOI <http://dx.doi.org/10.1201/9781420065756.ch4>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/266223304_Biology_Of_The_Planktonic_Stages_Of_Benthic_Octopuses. Acesso em: 16 jul. 2025.

XAVIER, José C. et al. A review on the biodiversity, distribution and trophic role of cephalopods in the Arctic and Antarctic marine ecosystems under a changing ocean. *Marine*

Biology, [s. 1.], 2018. DOI <https://doi.org/10.1007/s00227-018-3352-9>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00227-018-3352-9>. Acesso em: 16 jul. 2025.

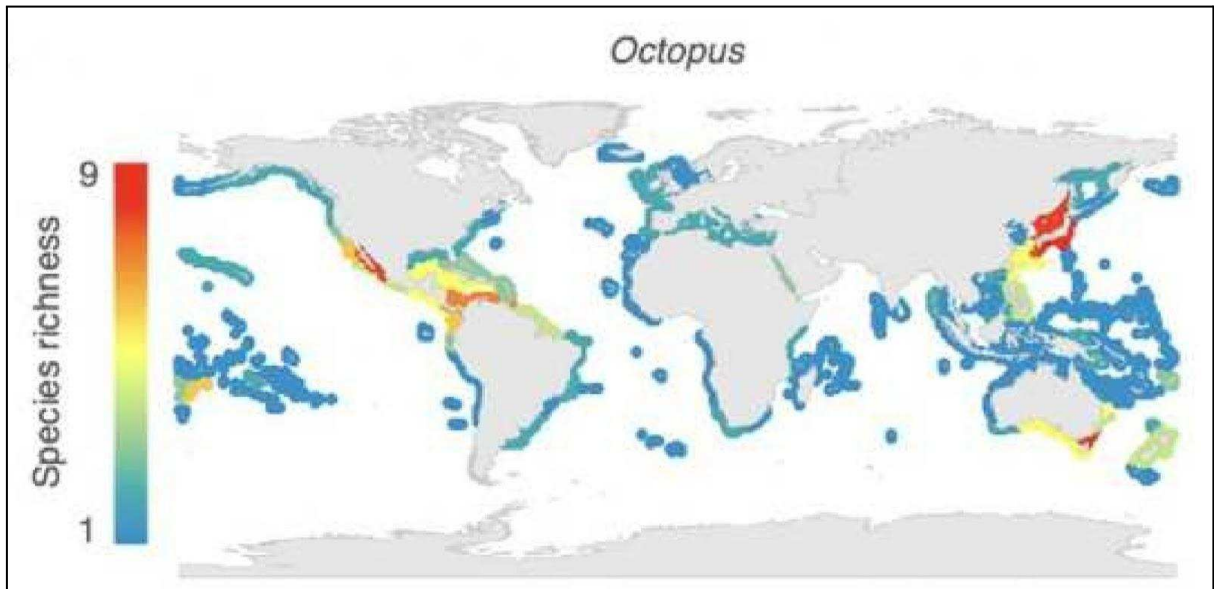
XAVIER, José C. et al. Future challenges in cephalopod research. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, [s. 1.], 2014. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-the-marine-biological-association-of-the-united-kingdom/article/abs/future-challenges-in-cephalopod-research/12135D63F89655B2BC6FC777C6C641F8>. Acesso em: 16 jul. 2025.

APÊNDICE A - GRÁFICO COM A DIVERSIDADE DA FAMÍLIA OCTOPODIDAE



Fonte: Elaborado pelo autor utilizando dados disponíveis no World Register of Marine Species (WoRMS), em 2 de junho de 2025

ANEXO A - MAPEAMENTO DE PADRÕES DE DIVERSIDADE (HOTSPOTS) DO GÊNERO OCTOPUS



Fonte: Octopus biology and ecology. Rosa et al. (2024), Capítulo 2; pág. 24