
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

FERNANDA PASETTO CORRÊA

**EFEITOS DO AQUECIMENTO DOS OCEANOS
NAS RESPOSTAS ANTI-PREDATÓRIAS DE
ANFÍPODES MARINHOS A PISTAS DE ALARME
DE COESPECÍFICOS EM INTERAÇÕES PRESA-
PREDADOR**

FERNANDA PASETTO CORRÊA

**EFEITOS DO AQUECIMENTO DOS OCEANOS NAS RESPOSTAS
ANTI-PREDATÓRIAS DE ANFÍPODES MARINHOS A PISTAS DE
ALARME DE COESPECÍFICOS EM INTERAÇÕES PRESA-
PREDADOR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de Bacharela em Ciências Biológicas.

Orientadora: Tânia Marcia Costa

Coorientador: Alexandre Luiz Arvigo

Supervisor: Cláudio José Von Zuben

Rio Claro - SP
2022

C824e

Corrêa, Fernanda Pasetto

Efeitos do aquecimento dos oceanos nas respostas anti-predatórias de anfípodes marinhos a pistas de alarme de coespecíficos em interações presa-predador / Fernanda Pasetto Corrêa. -- Rio Claro, 2022

22 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) -
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro

Orientadora: Tânia Marcia Costa

Coorientador: Alexandre Luis Arvigo

1. Aquecimento Global. 2. Animais Comportamento. 3. Crustaceo. I.

Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

FERNANDA PASETTO CORRÊA

**EFEITOS DO AQUECIMENTO DOS OCEANOS NAS RESPOSTAS
ANTI-PREDATÓRIAS DE ANFÍPODES MARINHOS A PISTAS DE
ALARME DE COESPECÍFICOS EM INTERAÇÕES PRESA-
PREDADOR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de Bacharela em Ciências Biológicas.

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Tânia Marcia Costa (orientadora)

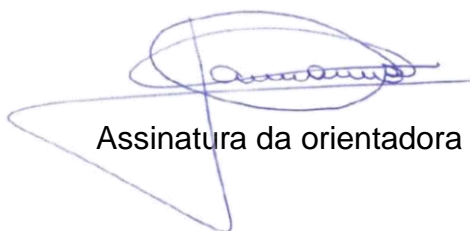
Prof. Dr. Claudio José Von Zuben (supervisor)

Profa. Dra. Gisela Barbosa Sobral de Oliveira

Aprovado em: 18 de novembro de 2022

Fernanda P. Corrêa

Assinatura do discente



Assinatura da orientadora

Alcides Luiz Arvigo

Assinatura do coorientador

Claudio José Von Zuben

Assinatura do supervisor

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à professora doutora Tânia M. Costa, por ter me aberto portas, me acolhido com tanto carinho e me orientado com atenção e dedicação.

Aos meus coorientadores Alexandre L. Arvigo e Caio A. Miyai, por terem estado ao meu lado em cada passo que dei nessa jornada, me guiando e me ensinando com muita paciência e esforço.

Aos meus pais Umberto C. Corrêa e Silmara C. Pasetto, por não terem soltado a minha mão em nenhum momento e me apoiado em cada uma das etapas que passei. Por terem sempre me amado e me incentivado a seguir meus sonhos.

Às amigas que a vida universitária me trouxe Ana Caroline P. de Oliveira, Daiane R. dos Santos e Rafaela R. da Silva, pelo companheirismo durante todos esses anos, pelas aventuras, pelas conversas, pelas risadas mais sinceras e por terem estado sempre presentes ao meu lado.

Aos meus amigos que me acompanham desde o sétimo ano do Ensino Fundamental, Luiz Guilherme Motta, Gabriela C. Arantes, Frasciny C. Alves; Renan G. GreTERS, por não desistirem de mim apesar da distância e dos poucos encontros ao longo desses cinco anos.

Ao meu companheiro Felipe G. C. Leite, por ter sido meu melhor amigo para todas as horas, boas e ruins, e por me incentivar e me ensinar a enxergar meu potencial, o que ajudou tanto a chegar onde cheguei.

À minha grande família, que amo tanto, por ter sempre me mostrado o que é o amor verdadeiro e incondicional.

A todos os integrantes do LABECOM, por terem me incluído ao grupo, por terem contribuído tanto com minha aprendizagem e por terem me acolhido nos momentos mais difíceis do meu trabalho.

Ao professor doutor Claudio José Von Zuben e à professora Dra. Gisela Barbosa Sobral de Oliveira, por terem apoiado minhas ideias, acompanhado tudo mesmo estando distante e por terem feito a ponte entre os campi, permitindo que este projeto pudesse se transformar em um bom Trabalho de Conclusão de Curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, juntamente, com a instituição UNESP, campus de Rio Claro e campus do Litoral Paulista, que me proporcionaram a oportunidade de possuir um ensino superior e um trabalho de iniciação científica de qualidade.

Resumo

As mudanças ambientais associadas ao aumento da temperatura têm sido apontadas como prejudiciais aos processos de geração, propagação e recepção de sinais químicos emergentes da interação entre presa e predador. Essas interações possuem uma importância significativa para a regulação das dinâmicas de comunidades ecológicas e de suas cadeiastróficas. O objetivo deste trabalho foi investigar se haveria mudanças nos comportamentos anti-predatórios de anfípodas induzidos pela presença da pista de alarme de coespecífico considerando o cenário de mudanças do clima. Foram realizadas avaliações do comportamento dos indivíduos da geração F2 criados nas condições de aquecimento da água (30,8°C) e controle (26°C), desde a geração F0. Foram 10 minutos de experimento com amostragem focal instantânea. A pista de alarme [de coespecífico, heteroespecífico (controle negativo) ou controle] foi adicionada ao final dos oito minutos no volume de 2 ml. Através da análise multivariada de variância (MANOVA) foram encontradas diferenças significativas para as temperaturas da água [Wilks' Lambda = 0,32, $F(18; 36) = 2,40$, $p = 0,004$]. O teste de TukeyHSD permitiu constatar que a taxa de uso de abrigo dos anfípodas nascidos em águas quentes, quando transferidos para o ambiente aquecido, foi maior que os demais grupos. Portanto, é possível que a mudança da temperatura possa agir como estímulo para alguns organismos, fazendo-os modificar a busca e uso de abrigo. Em contraste, atividades exploratórias diminuem quando a temperatura do ambiente é elevada acima de 26°C. Tal condição poderia ser explicada pelo fato de que os anfípodas, quando se encontram em temperaturas mais altas que as de preferência, tenderiam a convergir sua energia vital para a produção de enzimas e proteínas que amenizassem os efeitos negativos causados pela elevada temperatura do ambiente. Em conclusão, o aumento da temperatura da água alterou o comportamento anti-predatório de anfípodas em relação à busca e o uso de abrigo e no momento em que os organismos tendem a buscar menos por abrigo, eles se tornam mais vulneráveis à predação e essa desregularidade pode causar graves consequências em cascata no ecossistema.

Palavras-chave: Pista de alarme; comunicação química; mudanças do clima.

Abstract

The environmental changes associated with the increase in temperature have been identified as harmful to the processes of generation, propagation and reception of chemical signals emerging from the interaction between prey and predator. These interactions have a significant importance for the regulation of the dynamics of ecological communities and their trophic chains. The objective of this work was to investigate whether there would be changes in the anti-predatory behavior of amphipods induced by the presence of the conspecific alarm cue considering the climate change scenario. Evaluations of the behavior of individuals of the F2 generation were carried out in the conditions of water heating (30.8°C) and control (26°C), since the F0 generation. It was 10 minutes of experiment with instantaneous focal sampling. The alarm cue [from conspecific, heterospecific (negative control) or control] was added at the end of eight minutes in a volume of 2 ml. Through multivariate analysis of variance (MANOVA), significant differences were found for water temperatures [Wilks' Lambda = 0.32, $F(18; 36) = 2.40$, $p = 0.004$]. The TukeyHSDtest showed that the rate of shelter use by amphipods born and raised at control temperature, when transferred to a warm environment, was higher than the other groups. Therefore, it is possible that the change in temperature can act as a stimulus for some organisms, causing them to modify the search and use of shelter. In contrast, exploratory activities decrease when the ambient temperature is raised above 26°C. Such a condition could be explained by the fact that amphipods, when they are at temperatures higher than those they prefer, would tend to converge their vital energy to produce enzymes and proteins that mitigate the negative effects caused by the high temperature of the environment. In conclusion, the increase in water temperature altered the anti-predatory behavior of amphipods in relation to seeking and using shelter and, when organisms tend to seek less shelter, they become more vulnerable to predation and this irregularity can cause serious cascading consequences in the ecosystem.

Keywords: Alarm clue; anti-predatory behavior; climate changes.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. OBJETIVOS	8
2.1. Objetivos gerais	8
2.2. Objetivos específicos	9
3. MATERIAIS E MÉTODOS	9
3.1. Animais e condições de estoque	9
3.2. Delineamento experimental	9
3.3. Procedimentos	10
3.3.1. Condições de ambientação	10
3.3.2. Respostas anti-predatórias	11
3.3.3. Preparação das soluções de odor	11
3.3.4. Variáveis comportamentais	12
3.3.5. Análise estatística	12
4. RESULTADOS	13
5. DISCUSSÃO	14
6. CONCLUSÃO	16
7. REFERÊNCIAS	17

1. Introdução

Comunidades ecológicas são altamente reguladas por interações entre organismos vivos (DRAPER; WEISSBURG, 2019). Exemplos de tais interações são a predação, competição e o mutualismo (DUSENBERRY, 1992). As interações entre presa e predador possuem uma importância significativa para a regulação das dinâmicas de uma comunidade ecológica (PAINE, 1995). O papel dos predadores dentro das comunidades está ligado à redução da densidade de populações de suas presas, via consumo direto ou demais mecanismos que não envolvem o consumo, mas afetam o funcionamento do ecossistema ao alterarem a diversidade de plantas, produtividade, dinâmica de nutrientes e a transferência de energia entre níveis tróficos (ABRAMS, 1995; SCHMITZ, 2008).

O medo e a ansiedade ativados pela ameaça de um predador e a capacidade de regular as respostas comportamentais e fisiológicas de uma presa são essenciais para a sua adaptação e sobrevivência (STEARNS, 1992; BRÖNMARK; HANSSON, 2000). Comportamentos anti-predatórios podem apresentar custos imediatos para o *fitness* do animal, mas também podem ser benéficos a longo prazo, pois trazem resultados positivos para aqueles que foram expostos a uma forte pressão predatória (BOEING *et al.*, 2010).

Em interações entre presa e predador, comportamentos influenciados pela captação e codificação de pistas químicas que indicam risco são essenciais quando nenhum outro tipo de pista está presente. Estímulos químicos podem ajudar tanto animais aquáticos quanto terrestres a escapar de predadores, ter sucesso reprodutivo e a localizar alimento (TOLLRIAN; HARVEL, 1999; MOLLO *et al.*, 2017). Por exemplo, em águas turvas, as presas que conseguem detectar pistas químicas certamente terão um melhor desempenho para lidar com um predador do que aquelas que se baseiam apenas na detecção visual (KATS; DILL, 1998).

As pistas químicas que indicam um risco iminente de predação podem vir de diferentes fontes. As pistas mais difundidas são aquelas liberadas por um dano físico a um coespecífico e são denominadas pistas de alarme. Em certos casos, crustáceos também podem apresentar respostas à pista de alarme de indivíduos heteroespecíficos (HAZLETT; McLAY, 2005; HAZLETT, 2011). A segunda maior categoria de pistas químicas é a de substâncias químicas provenientes da digestão de coespecífico pelo predador. Por fim, a terceira categoria

é a de odores dos predadores, mesmo que estes não tenham se alimentado com coespecífico da presa (HAZLETT, 2011).

Respostas de presas a pistas químicas já foram descritas em estudos com animais aquáticos de uma ampla variedade de grupos, como anfíbios, moluscos, peixes e répteis (ATEMA; STENZLER, 1977; KATS; DILL, 1998). Diversos estudos relatam comportamentos anti-predatórios em função de pistas de alarme, como respostas de fuga, quando uma presa deixa uma situação de alto risco; de resguardo, como busca por refúgio, mudança de micro-habitat (FERRARI; WISENDEN; CHIVERS, 2010); além de tornar-se imóvel, reduzir a atividade de alimentação (McPEEK; GRACE; RICHARDSON, 2001) e a atividade de nado (STAUFFER; SEMLITSCH, 1993), e/ou unir-se a um cardume, possivelmente oferece um grau considerável de proteção contra predadores (KATS; DILL, 1998; KULLMANN *et al.*, 2008).

Muitos estudos têm focado cada vez mais no contexto ambiental de mudanças do clima, já que o aumento da temperatura dos oceanos pode modular a capacidade do predador e da presa de se detectarem (DRAPER; WEISSBURG, 2019). Nas últimas décadas, a temperatura mundial tem aumentado e está projetada para continuar aumentando a uma rápida taxa (HOUGHTON *et al.*, 2001) e essas mudanças na situação ambiental têm sido apontadas como prejudiciais aos processos de geração, propagação e recepção de sinais químicos participantes da dinâmica entre presa e predador (ROME; STEVENS; JOHN-ALDER, 1992; LONNSTEDT, 2013; DRAPER; WEISSBURG, 2019), especialmente em animais ectotérmicos, visto que seus processos fisiológicos e níveis de atividade dependem das condições do ambiente (MOORE; TOWNSEND, 1998; GÅRDMARK; HUSS, 2020).

Quando organismos são expostos a altas temperaturas, eles dependem de dois processos em particular para manter seu potencial de sobrevivência: primeiro a tolerância, então a plasticidade. A plasticidade, principalmente, é o preceito para a sobrevivência a longo prazo, já que é a medida para a manutenção do funcionamento dos processos biológicos até os organismos atingirem a aclimação (RICHARD *et al.*, 2015). Quando as mudanças no ambiente ultrapassam a capacidade dos indivíduos de ajustarem-se, esses animais colapsam (BRANDÃO, 2017). As taxas metabólicas crescem exponencialmente com a temperatura (GILLOOLY *et al.*, 2001) e, quanto mais rápido o metabolismo, é requerida uma maior quantidade de energia dispendida na manutenção e reparo do organismo (MacFADYEN *et al.*, 2004).

Sabe-se que o aumento da temperatura é um dos fatores abióticos que afetam a taxa de sobrevivência de anfípodes (MOORE; FRANCIS, 1986). Essa ordem de crustáceos (Amphipoda) desempenha um importante papel na estrutura populacional e da comunidade (JAMES, 2016), representando um consumidor recorrente de macroalgas e uma importante presa para diversas espécies de peixes (PENNUTO; KEPPLER, 2008). Esses invertebrados ocorrem de forma diversa e abundante em comunidades bentônicas e são conhecidos por desempenharem papéis importantes em cenários de perturbação ambiental (CONLAN, 1994), já que promovem o intercâmbio de gases e contribuem com altas taxas de energia que fluem para níveis tróficos elevados (PAZ-RÍOS; ARDISSON, 2013).

Um grande número de estudos tem apontado para mudanças de comportamento de anfípodes induzidas por pistas químicas (PENNUTO; KEPPLER, 2008; WILLIAMS; MOORE 1985; HOLOMUZKI; HOYLE, 1990; WUDKEVICH *et al.* 1997), um estímulo sensorial não visual que torna possível acessar o nível de risco da segurança de seu refúgio e que também pode favorecer a sobrevivência desses animais com maior sensibilidade em ambientes aquáticos mais túrbidos (KATS; DILL, 1998).

Deste modo, escolhemos o anfípode *Cymadusa filosa* como modelo experimental, um crustáceo considerado pastador, comumente encontrado associado a macroalgas localizadas nas regiões marinhas de águas rasas (BUENO; MACHADO; LEITE, 2020) e muito importantes para as comunidades em que habitam. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi entender se há mudanças no comportamento de anfípodes induzidos pela presença da pista de alarme, considerando o cenário de mudanças do clima. Estudos que investigam a variação individual de respostas à mudanças climáticas dentro de interações tróficas são poucos, dificultando o trabalho de conservação de biodiversidade aquática. (GÅRDMARK; HUSS, 2020).

2. Objetivos

2.1. Objetivos gerais

Investigar se as mudanças do clima afetam a comunicação química e, por conseguinte, o comportamento anti-predatório dos anfípodes na presença da pista de alarme coespecífico.

2.2. Objetivos específicos

Avaliar se o aumento da temperatura da água afeta o comportamento anti-predatório de anfípodas na presença da pista de alarme de coespecíficos.

3. Materiais e métodos

3.1. Animais e condições de estoque

Os anfípodas *Cymadusa filosa* foram obtidos no costão rochoso da Praia da Fortaleza (23°32'S, 45°10'W), em Ubatuba, São Paulo, Brazil. Esses animais foram mantidos em estoques (tanques de plástico de 20 L) com água do mar, aeração contínua e filtragem física e biológica. Foi controlado o fotoperíodo, com 12 horas claro/12 horas escuro. A alimentação foi com *Sargassum* spp. fresco e houve troca parcial de água uma vez por semana durante, aproximadamente 90 dias (MACHADO, 2013).

3.2. Delineamento experimental

Foram simulados ambientes aquecidos e espera-se que haja uma interferência dessas condições na recepção da pista de alarme provenientes de um coespecífico “predado” dos anfípodas (presas) e, conseqüentemente, mudanças prejudiciais nos comportamentos anti-predatórios, essenciais para a sobrevivência das presas e para a manutenção do equilíbrio das cadeias tróficas e todo um sistema ecológico.

As temperaturas usadas foram: 1- Condição controle, onde foram mantidos os valores médios de temperatura do verão dos últimos 3 anos da área de amostragem dos anfípodas (temperatura controle [T_c]: 26° C); 2- Condição de aquecimento, de acordo com o as projeções do IPCC (2014) para o cenário RPC 8.5 ([T_a= T_c + 4.8 °C]). Para esta avaliação foram realizados 12 tratamentos (tabela 1) com 4 réplicas cada.

As variáveis independentes deste estudo foram: QQ (quente-quente): anfípode nascido na água aquecida e testado com a água nas mesmas condições; QF (quente-fria): anfípode nascido na água aquecida e testado com a água nas condições controle; FQ(fria-quente): anfípode nascido na água de temperatura controle e testado na água aquecida; FF (fria-fria: anfípode nascido na água de temperatura controle e testado com a água nas mesmas condições. As pistas químicas foram as pistas de alarme de coespecífico (CO); pistas de alarme de heteroespecífico (HE), a qual foi utilizada como controle negativo; e água destilada

como controle (CT). Os tratamentos envolvendo as variáveis QF e FQ foram realizados a fim de evitar alterações causadas pelo efeito da temperatura da água na pista de alarme,

Tabela 1: Tratamentos aplicados na avaliação das respostas anti-predatórias dos anfípodas expostos a pistas de alarme de coespecíficos, de heteroespecíficos (controle negativo) e controle.

Emissor	Condições de ambientação / Condições do receptor			
	Controle (F)	Aquecimento (Q)	Controle (F)	Aquecimento (Q)
Heteroespecífico	Controle (FF)	Aquecimento (QQ)	Aquecimento (FQ)	Controle (QF)
Coespecífico	Controle (FF)	Aquecimento (QQ)	Aquecimento (FQ)	Controle (QF)
Controle	Controle (FF)	Aquecimento (QQ)	Aquecimento (FQ)	Controle (QF)

3.3. Procedimentos

3.3.1. Condições de ambientação

Antes de expor os animais às pistas de alarme, eles foram mantidos em tanques de 20 litros, contendo as mesmas condições de oxigenação, alimentação, salinidade, pH e temperatura. A temperatura da água foi alterada gradualmente para atingir a condição aquecida, enquanto para o tratamento controle, a temperatura se manteve a mesma.

Após atingirem as temperaturas estabelecidas para cada tratamento ($T_c=26,7\text{ }^\circ\text{C}$], $T_a=31,5\text{ }^\circ\text{C}$]), foram separadas e transferidas individualmente trinta fêmeas ovígeras (geração F0) para recipientes de 0,2 litros com água marinha nas condições de seus respectivos tratamentos. No momento em que os juvenis foram liberados, eles foram transferidos para outro tanque de 20 litros e denominados F1. Todos os indivíduos, independente do estágio de vida, foram diariamente alimentados com *Sargassum* spp.

As fêmeas da F1 atingiram a fase ovígera após, aproximadamente, 30 dias desde que foram liberadas das bolsas das fêmeas F0, então foram transferidas para recipientes de 0,2 litros do mesmo modo que as fêmeas F0 até a liberação dos juvenis F2 (MACHADO, 2013).

Foi realizado um pool de indivíduos da geração F2 com no máximo 3 dias de diferença na idade, o que reduz os efeitos hereditários que poderiam causar viés entre os tratamentos, totalizando 4 indivíduos por tratamento (MACHADO, 2013). Nestes experimentos, cada anfípode foi analisado como uma amostra independente.

3.3.2. Respostas anti-predatórias

Foram utilizados para a experimentação de resposta anti-predatória aquários de teste sem moldura de dimensões 40 x 20 x 15. No centro de cada aquário foi fixada uma alga artificial ao fundo. O ponto inicial do aquário foi demarcado a 5 cm da parede do aquário e foi utilizado para o isolamento e aclimatação do anfípode (adaptado de STONE; MOORE, 2014; FANTON *et al.*, 2020). Uma pedra aeradora foi suspensa a 5 cm de altura do fundo no quadrante inicial do aquário e uma grade de 5cm x 4cm foi desenhada em uma das laterais do aquário, o que resultou em três linhas e oito colunas (adaptado de STONE; MOORE, 2014; WISENDEN *et al.*, 2009) (Figura 1).

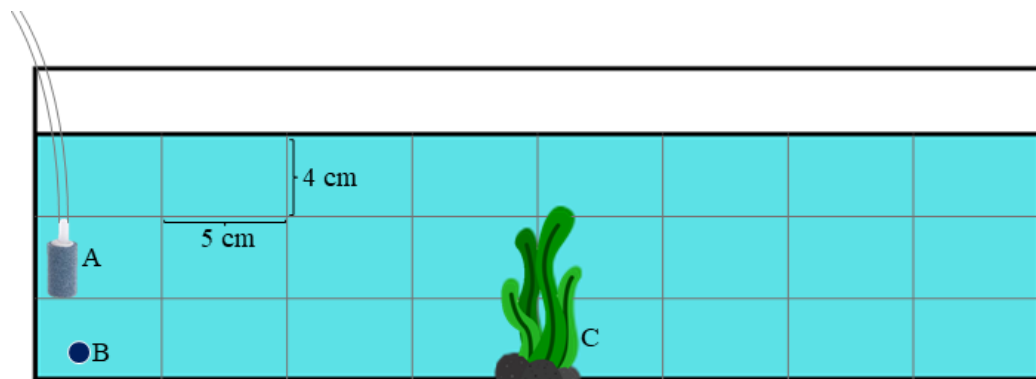


Figura 1: Aquário de teste de 40 x 20 x 15 cm, onde A é a pedra aeradora, B é a posição inicial do anfípodes e C é a alga artificial.

Os experimentos foram conduzidos utilizando anfípodes juvenis da geração F2. O indivíduo foi isolado no primeiro quadrante por cinco minutos, então foi liberado para o t_0 (tempo inicial) do experimento. Foram 10 minutos de experimento com amostragem focal instantânea, onde os primeiros oito minutos foram para o registro dos comportamentos pré-estímulo, os quais foram amostrados a cada 30 segundos. Os dois minutos seguintes foram para o registro dos comportamentos pós-estímulo, os quais foram amostrados a cada 10 segundos. A pista de alarme foi adicionada ao final dos oito minutos de pré-estímulo na altura da pedra de aeração e no volume de 2 ml (WISENDEN; CLINE; SPARKES, 1999; FANTON *et al.*, 2020).

Ao final de cada rodada de experimentos, os aquários foram lavados cuidadosamente para não haver resquícios de pista de alarme para serem utilizados novamente.

3.3.3. Preparação das pistas químicas

O estoque com a pista de alarme de coespecífico foi preparado pela maceração de 14,25 g de adultos da espécie *Cymadusa filosa* a uma polpa usando graal e pistilo, diluída a 114 ml de água destilada e filtrada com algodão para evitar partículas sólidas. A concentração final das pistas foi de 0,125g/ml. A solução dessas pistas de alarme foi armazenada em alíquotas de 1 ml, mantidas a temperatura de -14 °C e retiradas do freezer com até 3 horas de antecedência aos experimentos, pois foi constatado que há uma redução de eficácia no alarme após esse tempo (WISENDEN *et al.*, 2009).

O estoque de pista de alarme de heteroespecífico foi preparado pela maceração de 14,25 g de adultos da espécie *Chthamalus bisinuatus* a uma polpa usando um pilão, diluída a 114 ml de água destilada e filtrada com algodão para evitar partículas sólidas. A concentração final das pistas foi de 0,125g/ml. A solução dessas pistas de alarme foi armazenada em alíquotas de 1 ml, mantidas a temperatura de -14°C e retiradas do freezer com até 3 horas de antecedência aos experimentos (WISENDEN *et al.*, 2009). Essa pista foi utilizada como o controle negativo da pista de alarme de coespecífico e a espécie foi escolhida de acordo com sua distância filogenética em relação aos anfípodes (HAZLETT; McLAY, 2005) – crustáceo sésseil que utiliza os apêndices torácicos modificados, os cirros, para filtrar as partículas em suspensão na coluna de água – (GUERRA; GAUDÊNCIO, 2016) e diferença do nicho ecológico em que reside, coletada no Complexo baía-estuário de Santos-São Vicente, mais especificamente no Morro dos Barbosas (23°58'28.6"S 46°23'20.3"W), São Vicente, São Paulo, Brasil .

3.3.4. Variáveis resposta

Esse estudo teve como variáveis dependentes a seguintes medidas: (1) distância total percorrida pelo anfípode dentro do aquário, medida em centímetro (cm) a partir da análise dos vídeos pela ferramenta Kinovea; (2) tempo de deslocamento em milissegundos (ms); quantidades de (3) comportamentos de rastejo, considerado quando o anfípode se movia encostado ao fundo do aquário; (4) comportamento estático, considerado quando o anfípode permanecia sem realizar qualquer movimento; (5) uso de abrigo, considerado quando o anfípode fazia uso da alga artificial para se resguardar; (6) nado ao longo da coluna d'água (adaptado de WISENDEN; CLINE; SPARKES, 1999; MACHADO; FERREIRA; LEITE, 2019).

3.3.5. Análise estatística

De posse das medidas dependentes, as mesmas foram transformadas em taxas a fim de torná-las relativas e, assim, igualá-las em termos do mesmo denominador. As seguintes taxas foram calculadas: (1) $TxD = d \div t$, onde TxD refere-se à taxa de deslocamento, d é a distância percorrida e t refere-se ao tempo total analisado; (2) $TxTm = Tm \div t$, onde $TxTm$ refere-se à taxa de tempo de deslocamento, Tm é tempo em que o anfípode se manteve em movimento e t refere-se ao tempo total analisado; (3) $TxR = r \div k$, onde TxR refere-se à taxa de comportamentos de rastejo, r é o número de comportamentos de rastejo observados e k refere-se ao número total de comportamentos analisados; (4) $TxE = e \div k$, onde TxE refere-se à taxa de comportamento estático, e é o número de comportamentos estáticos observados e k refere-se ao número total de comportamentos analisados; (5) $TxA = a \div k$, onde TxA refere-se à taxa de uso de abrigo, a é o número vezes que foi observado o uso de abrigo e k refere-se ao número total de comportamentos analisados; (6) $TxN = n \div k$, onde TxN refere-se à taxa de nado ao longo da coluna d'água, n é o número vezes que foi observado o comportamento de nado e k refere-se ao número total de comportamentos analisados.

Feito isso, calculou-se as taxas de mudanças de cada medida subtraindo-se os valores do pré-estímulo daqueles do pós-estímulo: $\Delta m = Po - Pr$, onde Δm refere-se ao delta (taxa) de mudança, Po é o pós-estímulo e Pr refere-se ao pré-estímulo.

A análise inferencial foi realizada por meio de uma análise multivariada de variância (MANOVA) considerando-se 2 variáveis independentes [condição (QQ, QF, QF e FF) e pistas (CO, HE e CT)] e 6 variáveis dependentes (TxD , $TxTm$, TxR , TxE , TxA , TxN). A localização das diferenças foi seguida por análises univariadas e por testes de Tukey_{HSD}. As análises estatísticas foram realizadas pelo *software* STATISTICA 13, (Stat Soft, Tulsa, OK, USA), considerando o nível de significância de $p \leq 0,05$.

4. Resultados

Através da análise multivariada de variância (MANOVA) pudemos identificar diferenças significativas para as temperaturas da água [Wilks' Lambda = 0,32, $F(18; 36) = 2,40$, $p = 0,004$, $\eta^2 = 0,33$, observed power = 0,98]. Para as demais comparações não foram encontradas diferenças significativas: tipo da pista (CO, HE, CT) [Wilks' Lambda = 0,73, $F(12; 36) = 0,85$, $p = 0,602$, $\eta^2 = 0,14$, observed power = 0,43] e para a interação entre temperatura e tipo de pista [Wilks' Lambda = 0,41, $F(12; 36) = 0,86$, $p = 0,698$, $\eta^2 = 0,18$, observed power = 0,79].

Análises univariadas foram aplicadas em cada variável individualmente relativas à temperatura da água e mostraram diferenças significativas apenas para o Uso de Abrigo [F(3; 36) = 9,43, $p = 0,000$]. Para os demais fatores foram encontrados os seguintes resultados: TxD [F(3; 36) = 1,41, $p = 0,25$], TxTm [F(3; 36) = 1,42, $p = 0,25$], TxR [F(3; 36) = 1,54, $p = 0,22$], TxE [F(3; 36) = 1,31, $p = 0,29$] e TxN [F(3; 36) = 1,63, $p = 0,20$].

A partir da aplicação do post hoc de TukeyHSD, foi possível constatar que a taxa de uso de abrigo na condição FQ foi diferente das condições QQ ($p < 0,01$), QG ($p < 0,01$) e FF ($p < 0,05$). A taxa de uso de abrigo na condição FQ foi superior às demais condições (figura 2).

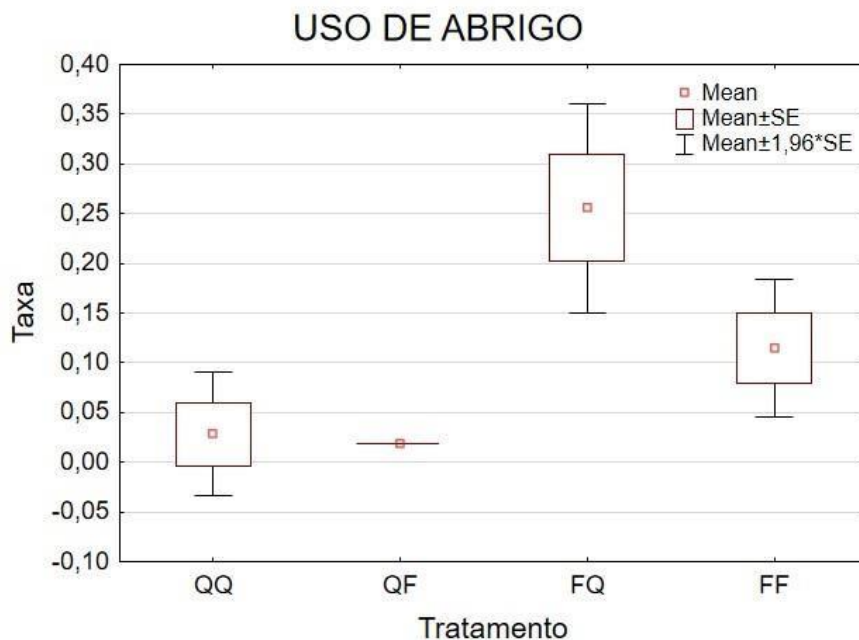


Figura 2: Taxa de uso de abrigo pelos anfípodas nas diferentes condições de tratamento (**QQ**: anfípodas nascido na água aquecida e testado com a água nas mesmas condições; **QF**: anfípodas nascido na água aquecida e testado com a água nas condições controle; **FQ**: anfípodas nascido na água de temperatura controle e testado na água aquecida; **FF**: anfípodas nascido na água de temperatura controle e testado com a água nas mesmas condições). (Wilks' Lambda = 0,32, F(18; 36) = 2,40, $p = 0,004$ seguido pelo teste de post hoc de TukeyHSD)

5. Discussão

Neste estudo foi concluído que, apesar de não ter havido alterações nas respostas às pistas de alarme, a temperatura do ambiente influenciou o comportamento anti-predatório dos anfípodas. Os anfípodas nascidos e criados na água com a temperatura de até 26°C (Fria/Controle) fizeram um maior uso do abrigo, principalmente quando foram introduzidos em um ambiente aquecido. Por outro lado, os anfípodas nascidos e criados nas condições de aquecimento (QQ e QF) e os anfípodas nascidos e criados na temperatura controle que foram

testados na água de temperatura controle (FF) não fizeram uso de abrigo com a mesma frequência.

Como as mudanças do clima têm sido apontadas como prejudiciais aos processos de recepção de sinais químicos (DRAPER; WEISSBURG, 2019), nossas hipóteses foram de que os anfípodes diminuiriam as respostas anti-predatórias à pistas de alarme diante do aumento da temperatura da água.

O presente estudo seguiu metodologias de estudos de referência da área, como em Wisenden *et al.*, 2009; Machado, 2013; Stone; Moore, 2014; Hamed *et al.*, 2016; Jermacz *et al.*, 2020, para o experimento e preparação das pistas químicas. Apesar dos métodos deste estudo terem seguido referências importantes para a área, o método de amostragem focal instantânea, como feito por Wisenden; Cline; Sparkes, 1999; FANTON *et al.*, 2020, não pareceu ser o mais adequado, já que é um método que pode sofrer influências externas por diversos fatores. Métodos de amostragem que envolvem filmagens talvez seriam mais eficientes para a quantificação de cada comportamento. Somando-se a isso, o número de réplicas baixo (n=4) pode ter sido insuficiente para diluir essas influências e averiguar as respostas anti-predatórias desencadeadas pela pista de alarme de coespecífico e de heteroespecífico. Portanto, não foram encontrados os resultados expectáveis de que haveria mudanças no comportamento anti-predatório de anfípodes na presença da pista de alarme de coespecífico diante do aumento de temperatura da água.

O comportamento de busca por abrigo é muito semelhante entre muitos grupos de anfípodes, sendo as áreas vegetativas consideradas como ótimos refúgios (CERDA; HINOJOSA; THIEL, 2010). Isso porque pequenos crustáceos herbívoros podem formar estruturas complexas (e.g., tubos construídos com a seda do próprio animal; sobreposição de lâminas ou filamentos de alga: Barnard *et al.*, 1991) que servem como barreira para a detecção deles como presas (MAIN, 1987) e limitam o acesso de predadores (MANATUNGE *et al.*, 2000). Porém, como foi apresentado por Hudson (2016), as atividades exploratórias diminuem quando a temperatura do ambiente é elevada acima de 26°C. Tal condição pode ser explicada pelo fato de que os anfípodes, quando se encontram em temperaturas mais altas que as de preferência, tendem a convergir sua energia vital para a produção de enzimas e proteínas que amenizem os efeitos negativos causados pela elevada temperatura do ambiente (TIMOFEYEV *et al.*, 2009). Em contraste, a mudança da temperatura pode agir como estímulo para alguns organismos (KERKUT; TAYLOR, 1958), o que pode esclarecer a

diferença significativa da busca e uso de abrigo pelos organismos de temperatura controle que receberam um drástico choque térmico ao serem inseridos em um ambiente aproximadamente 4,8°C mais quente.

Pequenos invertebrados são os que mais sofrem com a pressão de predadores (DUFFY; HAY, 1991, 2001) e os comportamentos anti-predatórios podem caracterizar-se como importantes recursos para que eles lidem com a predação e, por conseguinte, consigam maior sobrevivência (DONELAN & TRUSSELL, 2018). As respostas induzidas pelo risco de predação possuem um custo energético, que sugere consequências na demografia das presas (BOONSTRA *et al.*, 1998; CREEL *et al.*, 2007; PREISSER; ORROCK; SCHMITZ, 2007; SLOS; STOKS, 2008), nas dinâmicas de nutrientes do ecossistema (HAWLENA; SCHMITZ, 2010), no fluxo energético entre os níveis tróficos (MATASSA; TRUSSELL, 2014) e até na extensão da cadeia alimentar em alguns sistemas (TRUSSELL; EWANCHUK; MATASSA, 2006). No momento em que os organismos tendem a buscar menos por abrigo, eles se tornam mais vulneráveis à predação e essa desregularidade pode causar graves consequências em cascata no ecossistema (SCHMITZ; BECKERMAN; O'BRIEN, 1997), como alterações na produtividade, dinâmica de nutrientes, no ciclo do carbono e no fluxo de energia entre os níveis tróficos (SCHMITZ, 2008; SAHA, 2019).

6. Conclusão

Nas interações entre presa e predador, os comportamentos anti-predatórios influenciados pela captação e codificação de pistas de alarme são essenciais para identificar possíveis riscos e escapar de predadores. Como nas últimas décadas a temperatura mundial tem aumentado e está projetada para continuar aumentando a uma rápida taxa, investigar a variação individual de respostas a mudanças do clima dentro de interações tróficas é de grande importância para aprimorar os trabalhos de conservação de biodiversidade aquática, já que essas mudanças têm sido apontadas como prejudiciais aos processos de comunicação química dentro das dinâmicas entre presa e predador.

Este estudo concluiu que, enquanto os anfípodas nascidos e criados nas condições de aquecimento tiveram uma baixa frequência do uso de abrigo, os anfípodas nascidos e criados na água com a temperatura de até 26°C que fizeram um maior uso do abrigo em comparação aos demais grupos, principalmente quando foram introduzidos em um ambiente com a temperatura em torno de 31°C. O comportamento de busca por refúgio é muito importante

para aumentar as chances de sobrevivência dos animais, principalmente para pequenos invertebrados que são os que mais sofrem com a pressão de predação, já que o uso de abrigo serve como uma barreira para detecção deles como presa.

Quando as mudanças no ambiente ultrapassam a capacidade dos indivíduos de ajustarem-se, esses animais colapsam, o que pode causar uma desregularização nas interações presa-predador e gerar graves consequências dentro do ecossistema. Portanto, a capacidade de acessar as alterações que as mudanças do clima causam dentro de cada nível trófico é fundamental para que medidas possam ser tomadas em prol da conservação da diversidade marinha de acordo com as previsões conjecturadas com base em estudos como este.

7. Referências

- ABRAMS, P. A. Implications of dynamically variable traits for identifying, classifying, and measuring direct and indirect effects in ecological communities. **Am nat**, [s. l.], v. 146, p. 112-134, 1995.
- ATEMA, J.; STENZLER, D. Alarm substance of the marine mud snail, *Nassarius obsoletus*: biological characterization and possible evolution. **J Chem Ecol**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 173-187, 1977.
- BARNARD, J. L.; SANDVED, K.; THOMAS, J. D. Tube-building behavior in *Grandidierella*, and two species of *Cerapus*. **Hydrobiologia**, [s. l.], v. 223, n. 1, p. 239-254, 1991.
- BOEING, W. J.; WISSEL, B.; RAMCHARAN, C. W. Can costs and benefits of *Daphnia* defense against fish be measured in a field experiment?. **Fund Appl Limnol**, [s. l.], v. 176, n. 1, p. 1-10, 2010.
- BOONSTRA, R. *et al.* The impact of predator-induced stress on the snowshoe hare cycle. **Ecol Monogr**, [s. l.], v. 68, p. 371-394, 1998.
- BRANDÃO, M. L. *et al.* Water temperature affects aggressive interactions in a Neotropical cichlid fish. **Neotrop. Ichthyol.**, [s. l.], v. 16, n. 1, 2018.
- BRÖNMARK, C.; HANSSON, L. Chemical communication in aquatic systems: an introduction. **Oikos** Copenhagen, v. 88, n. 1, p. 103-109, 2000.
- BUENO, M.; MACHADO, G.B.O.; LEITE, F.P.P. Colonization of novel algal habitats by juveniles of a marine tube-dwelling amphipod. **PeerJ**, [s. l.], v. 8, n. 1, 2020.
- CERDA, O.; HINOJOSA, I. A.; THIEL, M. Nest-building behavior by the amphipod *Peramphithoe femorata* (krøyer) on the kelp *Macrocystis pyrifera* (linnaeus) c. Agardh from northern-central Chile. **Biol Bull**, [s. l.], v. 218, p. 248-258, 2010.
- CONLAN, K. E. Amphipod crustaceans and environmental disturbance: a review. **J Nat Hist**, [s. l.], v. 28, n. 3, p. 519-554, 1994.
- CREEL, S. Predation risk affects reproductive physiology and demography of elk. **Science**, [s. l.], v. 315, n. 5814, p. 960-960, 2007.
- DONELAN, S. C.; TRUSSELL, G. C. Synergistic effects of parental and embryonic exposure to predation risk on prey offspring size at emergence. **Ecology**, [s. l.], v. 99, n. 1, p. 68-78, 2018.

- DRAPER, A. M.; WEISSBURG, M. J. Impacts of Global Warming and Elevated CO₂ on Sensory Behavior in Predator-Prey Interactions: A Review and Synthesis. **Front Eco Evol**, [s. l.], v. 7, n. 72, 2019.
- Duffy, J. E.; Hay M. E. Food and shelter as determinants of food choice by an herbivorous marine amphipod. **Ecology**, [s. l.], v. 72, p. 1286–1298, 1991.
- DUSENBERRY, D. B. **Sensory Ecology: How Organisms Acquire and Respond to Information**. New York, NY: W.H. Freeman, 1992. 558 p. ISBN 0716723336, 9780716723332.
- FANTON, H. *et al.* *Pomphorhynchus laevis* manipulates *Gammarus pulex* behaviour despite salt pollution. **Freshwater Biol**, [S.L.], v. 65, n. 10, p. 1718-1725, 2020.
- FERRARI, M. C. O.; WISENDEN, B. D.; CHIVERS, D. P. Chemical ecology of predator–prey interactions in aquatic ecosystems: a review and prospectus. **Can J Zool**, [s. l.], v. 88, p. 698-724, 2010.
- GÅRDMARK, A.; HUSS, M. Individual variation and interactions explain food web responses to global warming. **Phil Trans R Soc B**, [s. l.], v. 375, n. 1814, p. 1-11, 2020.
- GILLOOLY, J. F. *et al.* Effects of size and temperature on metabolic rate. **Science**, [s. l.], v. 293, p. 2248-2251, 2001.
- GUERRA, M. T.; GAUDÊNCIO, M. J. **Identificação das espécies de crustáceos não indígenas da costa portuguesa**. [s. l.: s. n.], v. 12, 2016.
- HAWLENA, D.; SCHMITZ, O. J. Herbivore physiological response to predation risk and implications for ecosystem nutrient dynamics. **P Natl Acad Sci**, [s. l.], v. 107, n. 35, p. 15503–15507, 2010.
- HAZLETT, B. A. *et al.* Chemical cues and reducing the risk of predation. In: BREITHAUPT, T.; THIEL, M. (ed.). **Chemical Communication in Crustaceans**. New York: Springer, 2011. p. 355-370.
- HAZLETT, B. A.; McLAY, C. Responses of the crab *Heterozius rotundifrons* to heterospecific chemical alarm cues: phylogeny vs. ecological overlap. **J Chem Ecol**, [s. l.], v. 31, n. 3, p. 683-689, 2005.
- HOLOMUZKI, J. R.; HOYLE, J.D. Effect of predatory fish presence on habitat use and diel movement of the stream amphipod, *Gammarus minus*. **Fresh Biol**, [s. l.], v. 24, n. 3, p. 509-517, 1990.
- HOUGHTON, J. E. T. *et al.* Climate Change 2001: The Scientific Basis: Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: IPCC (org.). **Climate Change 2001: The Scientific Basis**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001. ISBN 0521 01495 6.
- HUDSON, D. M.; BRITTAIN, V.; PHILLIPS, G. Behavioral response to temperature change by the freshwater crab *Neostrengeria macropa* (H. Milne Edwards, 1853) (Brachyura: Pseudothelphusidae) in Colombia. **J Crustacean Biol**, [s. l.], v. 36, p. 287-294, 2016.
- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- JAMES, W. R. **An investigation into the developmental response of the amphipod *Hyaella azteca* to different predator-related chemical cues**. Orientador: Dr. James McClintock. Dissertação (Mestre em Ciências) - The University of Alabama at Birmingham, BIRMINGHAM, ALABAMA, 2016.

JERMACZ, Ł. *et al.* Does global warming intensify cost of antipredator reaction? A case study of freshwater amphipods. **Sci Total Environ**, [s. l.], v. 742, n. 1, 2020.

KATS, L. B.; DILL, L. M. The scent of death: Chemosensory assessment of predation risk by prey animals. **Écoscience**, [s. l.], v. 5, n. 3, p. 361-394, 1998.

KERKUT, G. A.; TAYLOR, B. J. R. The effect of temperature changes on the activity of poikilotherms. **Behaviour**, [s. l.], v. 13, n. 3/4, p. 259-279, 1958.

KULLMANN, H. *et al.* Fish odour triggers conspecific attraction behaviour in an aquatic invertebrate. **Biol Letters**, [s. l.], v. 4, p. 458-460, 2008.

MACFADYEN, E. J. *et al.* Molecular response to 10 climate change: temperature dependence of UV induced DNA damage and repair in the freshwater crustacean *Daphnia pulicaria*. **Glob Change Biol**, [s. l.], v. 10, p. 408-416, 2004.

MACHADO, G. B. O.; FERREIRA, A. P.; LEITE, F. P. P. Testing the importance of predation refuge vs. food quality in determining the use of macroalgal hosts by a generalist marine mesograzer. **Mar Biol**, [s. l.], v. 166, n. 5, p. 1-12, 2019.

MACHADO, Glauco B. **Associação de anfípodes herbívoros com a alga parda *Sargassum filipendula* e suas epífitas: variação temporal e efeito da dieta sobre a aptidão**. Orientador: Profa. Dra. Fosca Pedini Pereira Leite. 2013. Dissertação (Mestre em Ecologia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

MAIN, K. L. *et al.* Predator Avoidance in Seagrass Meadows: Prey Behavior, Microhabitat Selection, and Cryptic Coloration. **Ecol Soc America**, [s. l.], v. 68, n. 1, p. 170-180, 1987.

MANATUNGE, J.; ASAEDA, T.; PRIYADARSHANA, T. The Influence of Structural Complexity on Fish–zooplankton Interactions: A Study Using Artificial Submerged Macrophytes. **Environ Biol Fish**, [s. l.], v. 58, p. 425–438, 2000.

MATASSA, C. M.; TRUSSELL G. C. Prey state shapes the effects of temporal variation in predation risk. **Proc R Soc B**, [s. l.], v. 281: 20141952, 2014.

MCPEEK M.A.; GRACE M.; RICHARDSON J.M.L. Physiological and behavioral responses to predators shape the growth/predation risk trade-off in damselflies. **Ecology**, v. 82, p. 1535–1545, 2001.

MOLLO, E. *et al.* Taste and smell in aquatic and terrestrial environments. **Nat Prod Rep**, [s. l.], v. 34, p. 496-513, 2017.

MOORE, M. K.; TOWNSEND, V. R. The Interaction of Temperature, Dissolved Oxygen and Predation Pressure in an Aquatic Predator-Prey System. **OIKOS**, [s. l.], v. 81, n. 2, p. 329-336, 1998.

MOORE, P. G.; FRANCIS, C. H. Environmental tolerances of the beach-hopper *Orchestia gammarellus* (Pallas) (Crustacea: Amphipoda). **Mar Environ Res**, [s. l.], v. 19, p. 115-129, 1986.

PAINE, R. T. Preface. In: POLIS, G. A.; WINEMILLER, K. O. (ed.). **Food webs: integration of patterns and dynamics**. Massachusetts, USA: Kluwer Academic, 1995. p. ix-x. ISBN 978-1461570097.

PAZ-RÍOS, C. E.; ARDISSON, P.L. Benthic amphipods (Amphipoda: Gammaridea and Corophiidea) from the Mexican southeast sector of the Gulf of Mexico: checklist, new records and zoogeographic comments. **Zootaxa**, [s. l.], v. 3635, n. 2, p. 137-173, 2013.

- PENNUTO, C.; KEPPLER, D. Short-term predator avoidance behavior by invasive and native amphipods in the Great Lakes. **Aquat Ecol**, [s. l.], v. 42, p. 629-641, 2008.
- PREISSER, E. L.; ORROCK, J. L.; SCHMITZ, O. J. Predator hunting mode and habitat domain alter nonconsumptive effects in predator–prey interactions. **Ecology**, [s. l.], v. 88, n. 11, p. 2744–2751, 2007.
- RICHARD, R. G. *et al.* Effects and mitigations of ocean acidification on wild and aquaculture scallop and prawn fisheries in Queensland, Australia. **Fish Res**, [s. l.], v. 161, p. 42-56, 2015.
- ROME, L. C.; STEVENS, E. D.; JOHN-ALDER, H. B. The influence of temperature and thermal acclimation on physiological function. In: FEDER, M. E.; BURGGREN, W. W. (ed.). **Environmental physiology of the amphibians**. Chicago: Univ. of Chicago Press, 1992. p. 183-205.
- SAHA, M. *et al.* Using chemical language to shape future marine health. **Front Ecol Environ**, [s. l.], v. 17, n. 9, p. 530-537, 2019.
- SCHMITZ, O. J. Effects of predator hunting mode on grassland ecosystem function. **Science**, [s. l.], v. 319, p. 952-954, 2008.
- SCHMITZ, O. J. *et al.* Behaviorally mediated trophic cascades: effects of predation risk on food web interactions. **Ecology**, [s. l.], v. 78, n. 5, p. 1388-1399, 1997.
- SCHMITZ, O. J.; HAWLENA, D.; TRUSSELL, G. C. Predator control of ecosystem nutrient dynamics. **Ecol Lett**, [s. l.], v. 13, p. 1199-1209, 2010.
- SLOS, S.; STOKS, R. Predation risk induces stress proteins and reduces antioxidant defense. **Funct Ecol**, [s. l.], v. 22, p. 637-642, 2008.
- STAUFFER, H.; SEMLITSCH, R. D. Effects of visual, chemical and tactile cues of fish on behavioural responses of tadpoles. **Anim Behav**, [s. l.], v. 46, n. 2, p. 355-364, 1993.
- STEARNS, S. C. **The Evolution of Life Histories**. USA: Oxford University Press, 1992. ISBN 978-0198577416.
- STONE, C. F.; MOORE, J. Parasite-induced alteration of odour responses in an amphipod–acanthocephalan system. **Int J Parasitol**, [s.l.], v. 44, n. 13, p. 969-975, 2014.
- TIMOFEYEV, M. A. *et al.* Thermal stress defense in freshwater amphipods from contrasting habitats with emphasis on small heat shock proteins (sHSPs). **J Therm Biol**, [s. l.], v. 34, p. 281-285, 2009.
- TOLLRIAN, R.; HARVELL, D. **The ecology and evolution of inducible defenses**. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1999. ISBN 9780691004945.
- TRUSSELL, G.C.; EWANCHUK, P.J.; MATASSA, C.M. The fear of being eaten reduces energy transfer in a simple food chain. **Ecology**, [s. l.], v. 87, p. 2979-2984, 2006.
- WILLIAMS, DUDLEY, D.; MOORE, K. A. The role of semiochemicals in benthic community relationships of the lotic amphipod *Gammarus pseudolimnaeus*: a laboratory analysis. **OIKOS**, [s. l.], v. 44, n. 2, p. 280-286, 1985.
- WISENDEN, B. D. *et al.* Lab and field estimates of active time of chemical alarm cues of a cyprinid fish and an amphipod crustacean. **Behaviour**, [s.l.], v. 146, n. 10, p. 1423-1442, 2009.
- WISENDEN, B. D.; CLINE, A.; SPARKES, T. C. Survival benefit to antipredator behavior in the amphipod *Gammarus minus* (Crustacea: amphipoda) in response to injury-released chemical cues from conspecifics and heterospecifics. **Ethology**, [s.l.], v. 105, n. 5, p. 407-414, 1999.

WUDKEVICH, K. *et al.* Reactions of *Gammarus lacustris* to chemical stimuli from natural predators and injured conspecifics. **J Chem Ecol**, [s. l.], v. 23, n. 4, p. 1163-1173, 1997.

ZAMZOW, J. P. *et al.* Habitat choice and predator avoidance by antarctic amphipods: the roles of algal chemistry and morphology. **Mar Ecol Prog Ser**, [s. l.], v. 400, p. 155-163, 2010.