

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta
dissertação, será
disponibilizado somente a
partir de 06/06/2026.

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP

Instituto de Biociências, Campus de Botucatu

Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas - Zoologia

Competição interespecífica entre o siri nativo *Callinectes danae* e o siri invasor *Charybdis hellerii* em um cenário de aumento de temperatura

Leonardo Cirillo

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Tânia Marcia Costa

Co-orientador: Dr. Caio Akira Miyai

Botucatu - SP

2024

Leonardo Cirillo

Competição interespecífica entre o siri nativo *Callinectes danae* e o siri invasor *Charybdis hellerii* em um cenário de aumento de temperatura

Dissertação apresentada ao curso de pós-graduação em Ciências Biológicas: Zoologia, do Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Botucatu, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas – Área de Concentração: Zoologia

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Tânia Marcia Costa

Coorientador: Dr. Caio Akira Miyai

Botucatu - SP

2024

C578c	Cirillo, Leonardo Competição interespecífica entre o siri nativo <i>Callinectes danae</i> e o siri invasor <i>Charybdis hellerii</i> em um cenário de aumento de temperatura / Leonardo Cirillo. -- , 2024 34 p. : tabs., fotos Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Botucatu, Orientadora: Prof^a. Dr^a. Tânia Marcia Costa Coorientador: Dr. Caio Akira Miyai 1. Competição. 2. Invasão biológica. 3. Mudanças climáticas. 4. Comportamento agressivo. 5. Comportamento alimentar. I. Título.
-------	---

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE LEONARDO CIRILLO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (ZOOLOGIA), DO INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS - CÂMPUS DE BOTUCATU.

Aos 06 dias do mês de dezembro do ano de 2024, às 15h, no(a) Salão Nobre do Instituto de Biociências do Câmpus do Litoral Paulista - IB/CLP, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de LEONARDO CIRILLO, intitulada **Competição interespecífica entre o siri nativo *Callinectes danae* e o siri invasor *Charybdis hellerii* em um cenário de aumento de temperatura.** A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Profa. Dra. TÂNIA MARCIA COSTA (Orientador(a) - Participação Presencial) do(a) Departamento de Ciências Biológicas e Ambientais / Instituto de Biociências - Câmpus do Litoral Paulista, Prof. Dr. JEAN RICARDO SIMÕES VITULE (Participação Virtual) do(a) Departamento de Engenharia Ambiental / Universidade Federal do Paraná, UFPR - Campus Curitiba, Prof. Dr. RODRIGO EGYDIO BARRETO (Participação Virtual) do(a) Departamento de Biologia Estrutural e Funcional / Instituto de Biociências, da UNESP, Câmpus de Botucatu.. Após a exposição pelo mestrando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final: APROVADO . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Documento assinado digitalmente
 TÂNIA MARCIA COSTA
Data: 16/12/2024 16:54:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. TÂNIA MARCIA COSTA

Agradecimentos

Ao longo de dois longos anos – que se passaram tão rápido – aprendi muito nos mais diversos campos da vida. Mas de todos os ensinamentos, o maior deles é entender que não caminhamos só e, muito menos, crescemos sozinhos. Com isso, me refiro a todo o apoio de todos que estiveram perto nos melhores e piores momentos durante essa jornada.

Não poderia deixar de iniciar meus agradecimentos sem agradecer minha querida orientadora, Prof^a Dr^a Tânia Marcia Costa, que desde meu primeiro ano de graduação me abriu as portas do LABECOM, me acolheu e me ensinou muito. Finalizo essa etapa da minha vida com um molde do profissional que quero me tornar. Sua liderança e presença se igualam a sua empatia e compreensão de uma forma única. A cada conversa que tínhamos, tinha a certeza cada vez maior que escolhi o laboratório certo para o início da minha trajetória acadêmica.

Da mesma forma, agradeço meus coorientadores Dr. Caio Akira Miyai e Dr. Alexandro Arvigo, que literalmente me ensinaram a ciência do zero. As infinitas discussões que sempre tivemos sobre ciência (e qualquer outro assunto) me fizeram expandir meus horizontes e formular ideias. Ao longo desses longos anos de trabalho, passando por todas as dificuldades possíveis e imagináveis, percebi como sou grato de poder trabalhar e aprender com amigos tão próximos. Sem vocês, não tenho a certeza se existiria esse mestrado.

Agradeço imensamente a equipe LABECOM, que sem um grupo tão forte e unido, dificilmente conseguiríamos superar as inúmeras dificuldades que enfrentamos nessa difícil missão que é fazer ciência no Brasil. Sou grato por poder trabalhar com tantos amigos, e pelas ajudas nas inúmeras coletas de campo, com um agradecimento especial a Alice, ao Frangolino, ao Caio, ao Alexandre, ao Rafael (Sem Parar), a Ana Carolina, a

Ana Paula e ao Eduardo. Agradeço em particular ao Eduardo por ter me ajudado tanto com a realização das coletas, nas ajudas diárias de laboratório e na realização dos experimentos (prêmio de melhor coletor de *Charybdis*).

Fora do ambiente acadêmico, também percebi a importância de “pilares” na nossa vida, que tanto nos seguram em momentos de delicadeza. A família, o mais importante deles, é um porto-seguro. Não tenho palavras para agradecer ao apoio da minha família ao longo de todos esses anos, que sempre se manteve por perto mesmo que a longas distâncias. Agradeço a minha mãe, Andrea Grandberg, por ser essa pessoa ímpar, com uma dedicação e amor indescritíveis aos filhos. Ao meu pai, Vicente Cirillo, por sempre ser presente, me mostrando a força da gentileza e empatia nas nossas vidas. A minha avó Maria Conceição Grandberg por sempre cuidar tão bem de mim. E ao meu irmão Enzo Cirillo, que quando menos esperei, se tornou um dos meus amigos mais próximos. Eu tenho muita sorte de ter vocês.

Por fim, agradeço ao outro pilar da minha vida: as amizades. Esses dois anos também me mostraram que estar ao lado das pessoas certas é fundamental para que possamos construir nossos sonhos e nos desenvolver como seres humanos. São tantas pessoas que eu gostaria de agradecer, que acho injusto listar apenas alguns, mas não posso deixar de agradecer ao João Pedro, a Isabella e ao Márcio. Seriam dois anos muito mais difíceis de aguentar sem vocês por perto. Mas deixo meu mais verdadeiro obrigado aos meus verdadeiros amigos, por todo o suporte e bons momentos vividos juntos, em especial durante o intenso período do mestrado. Esse mestrado também não seria concluído sem vocês.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro por meio da concessão de bolsa de mestrado (Código de Financiamento 001).

Resumo

As mudanças climáticas e a invasão biológica são dois dos principais fatores responsáveis pela perda de biodiversidade. Quando estabelecidas, espécies invasoras competem pelos mesmos recursos que espécies nativas, frequentemente monopolizando-os devido a sua alta agressividade em situações de competição direta (interferência comportamental). A temperatura desempenha um papel fundamental na fisiologia e comportamento de espécies ectotérmicas marinhas, com espécies invasoras frequentemente apresentando maior resistência a estressores climáticos em comparação a espécies nativas. Dessa forma, o aumento da temperatura em cenários climáticos futuros pode intensificar a exclusão competitiva de espécies nativas com nicho ecológico semelhante ao das espécies invasoras. O presente estudo avaliou se a temperatura afeta as interações agonísticas e a aquisição de recursos entre a espécie de siri nativo *Callinectes danae* (siri-azul) e a espécie de siri invasora *Charybdis hellerii* (siri-capeta), de nicho ecológico similar. Simulamos uma situação de competição entre a espécie nativa e o competidor invasor por um único item alimentar (mexilhão *Perna perna*) na temperatura controle (27,1°C) e no cenário climático RCP 8.5 (+4,3°C; 31,4°C), avaliando a interação agonística e a aquisição de recursos de ambas as espécies. A temperatura do cenário climático RCP 8.5 reduziu agressões sem contato, sugerindo uma escalada mais rápida da agressividade nos confrontos, independentemente do competidor presente. Contudo, agressões com e sem contato foram mais intensas entre competidores conspecíficos do que competidores invasores, independente da temperatura utilizada. A menor intensidade das lutas com competidores invasores pode estar associada à percepção de ameaça devido ao maior tamanho das quelas da espécie invasora em relação à espécie nativa. A aquisição de alimento também não foi afetada pela temperatura e pela presença da espécie invasora, enquanto a presença de um competidor conspecífico reduziu o tempo de monopolização do alimento pela espécie nativa. Nossos resultados sugerem que as temperaturas projetadas em cenários climáticos futuros não afetarão significativamente a dinâmica competitiva entre as espécies *C. danae* e *C. hellerii*.

Palavras-chave: Interferência comportamental; mudanças climáticas; interação agonística; aquisição de recursos; recurso alimentar

Abstract

Climate change and biological invasions are two major drivers contributing to biodiversity loss. Once established, invasive species overlap ecological niches with native species, frequently monopolizing resources due to their aggressiveness during direct competition. Temperature plays a critical role in the physiology and behaviors of marine ectothermic species, with invasive species exhibiting greater resistance to abiotic stressors compared to native species, potentially intensifying competitive exclusion under future climate change scenarios. This study evaluates whether temperature affects agonistic interaction and resource acquisition between native and invasive swimming crab's species during food resource competition. Similar-sized individuals of the native blue crab *Callinectes danae* were exposed to the similar niche invasive swimming crab *Charybdis hellerii* in a competition situation for a single food item (*Perna perna* mussel) under control (27.1°C) and climate scenario RCP 8.5 (+4,3°C; 31.4°C). Our results suggest that future climate change scenario temperatures may not significantly alter interactions with the invasive species. However, higher temperatures decreased non-contact aggressions, indicating a quicker escalation of fights regardless of the competitor's present. Physical aggressions were significantly more intense with conspecifics competitor than with invasive competitors. The lower intensity of fights with invasive species may be attributed to the threat posed by the invasive's larger weapon size (cheliped) relative to the native species. Food acquisitions were also not affected by temperature or by the invasive species presence, despite the conspecific competitor led to a reduction in the native species food monopolization time. While the invasive species exhibited slower feeding initiation than the native species, it maintained similar food holding time. These findings suggest that projected climate change scenarios are unlikely to substantially alter the competitive dynamics between *C. danae* and *C. hellerii*.

Keywords: temperature; *Callinectes danae*; *Charybdis hellerii*; behavioral interference; feeding efficiency.

Sumário

Resumo	4
Abstract.....	5
Introduction	7
Material & Methods	9
<i>Biological models, collection and maintenance</i>	9
<i>Experimental design</i>	12
<i>Experimental protocol</i>	13
<i>Agonistic interaction</i>	15
<i>Resource acquisition</i>	16
Results	17
<i>Aggressive behavior</i>	17
<i>Feeding behavior</i>	20
Discussion.....	23
References	27

- Briffa M, Elwood RW (2002) Power of shell-rapping signals influences physiological costs and subsequent decisions during hermit crab fights. *Proc R Soc B* 269:2331–2336. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2158>
- Briffa M, Sneddon LU (2007) Physiological constraints on contest behaviour. *Funct Ecol* 21:627–637. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2006.01188.x>
- Britton JR, Ruiz-Navarro A, Verreycken H, Amat-Trigo F (2018) Trophic consequences of introduced species: Comparative impacts of increased interspecific versus intraspecific competitive interactions. *Funct Ecol* 32:486–495. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12978>
- Bøhn T, Amundsen PA, Sparrow A (2008) Competitive exclusion after invasion? *Biol Invasions* 10:359–368. <https://doi.org/10.1007/s10530-007-9135-8>
- Carmona-Catot G, Magellan K, García-Berthou E (2013) Temperature-Specific Competition between Invasive Mosquitofish and an Endangered Cyprinodontid Fish. *PLoS One* 8:. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054734>
- Catford JA, Bode M, Tilman D (2018) Introduced species that overcome life history tradeoffs can cause native extinctions. *Nat Commun* 9:2131. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04491-3>
- Culbertson KA, Herrmann NC (2019) Asymmetric interference competition and niche partitioning between native and invasive *Anolis* lizards. *Oecologia* 190:811–820. <https://doi.org/10.1007/s00442-019-04466-1>
- Damas-Moreira I, Riley JL, Carretero MA, et al (2020) Getting ahead: exploitative competition by an invasive lizard. *Behav Ecol Sociobiol* 74:117. <https://doi.org/10.1007/s00265-020-02893-2>
- David P, Thébault E, Anneville O, et al (2017) Impacts of Invasive Species on Food Webs. *Adv Ecol Research. Academic Press Inc.*, pp 1–60. <https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2016.10.001>
- Da Silva-Pinto T, Silveira MM, De Souza JF, et al (2020) Damselfish face climate change: Impact of temperature and habitat structure on agonistic behavior. *PLoS One* 15(6): e0235389. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235389>
- Dissanayake A, Galloway TS, Jones MB (2009) Physiological condition and intraspecific agonistic behaviour in *Carcinus maenas* (Crustacea: Decapoda). *J Exp Mar Biol Ecol* 375:57–63. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2009.05.007>
- Dufour CMS, Clark DL, Herrel A, Losos JB (2020) Recent biological invasion shapes species recognition and aggressive behaviour in a native species: A behavioural experiment using robots in the field. *J Anim Ecol* 89:1604–1614. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13223>

- Ferreira MN, Rosso S (2009) Effects of human trampling on a rocky shore fauna on the Sao Paulo coast, southeastern Brazil. *Braz J Biol* 69:993–999. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842009000500003>
- Gaitán-Espitia JD, Bacigalupe LD, Opitz T, et al (2017) Exploring physiological plasticity and local thermal adaptation in an intertidal crab along a latitudinal cline. *J Therm Biol* 68:14–20. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.02.011>
- Grether GF, Losin N, Anderson CN, Okamoto K (2009) The role of interspecific interference competition in character displacement and the evolution of competitor recognition. *Biol Rev* 84:617–635. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2009.00089.x>
- Grether GF, Peiman KS, Tobias JA, Robinson BW (2017) Causes and Consequences of Behavioral Interference between Species. *Trends Ecol Evol* 32:760–772. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2017.07.004>
- Halekoh U, Højsgaard S, Yan J (2006) The R Package geepack for Generalized Estimating Equations. *J Stat Softw* 15:1–15. <https://doi.org/10.18637/jss.v015.i02>
- Hillebrand H, Brey T, Gutt J, et al (2018) Climate Change: Warming Impacts on Marine Biodiversity. In: *Handbook on Marine Environment Protection*. Springer International Publishing, pp 353–373
- Hu N, Yu Z, Huang Y, et al (2021) Elevated temperatures increase growth and enhance foraging performances of a marine gastropod. *Aquac Environ Interact* 13:177–188. <https://doi.org/10.3354/AEI00398>
- Huntingford FA, Taylor AC, Smith IP, Thorpe KE (1995) Behavioural and physiological studies of aggression in swimming crabs. *J Exp Mar Biol Ecol* 193:21–39. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(95\)00108-5](https://doi.org/10.1016/0022-0981(95)00108-5)
- Hsu Y, Earley RL, Wolf LL (2006) Modulation of aggressive behaviour by fighting experience: mechanisms and contest outcomes. *Biol Rev* 81:33–74. <https://doi.org/10.1017/S146479310500686X>
- Hudina S, Hock K, žganec K (2014) The role of aggression in range expansion and biological invasions. *Curr Zool* 60:401–409. <https://doi.org/10.1093/czoolo/60.3.401>
- IPCC (2023) Climate Change 2023: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Izar GM, de Oliveira DN, Laurino IRA, et al (2023) Is the population increase of an invasive portunid crab (*Charbydis hellerii*) a concern? The effect on native prey. *Estuar Coast Shelf Sci* 282:108249. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2023.108249>

- Joyeux J-C, Nalesso RC, Sforza R (2010) Distribution and Population Structure of *Callinectes danae* (Decapoda: Portunidae) in a Tropical Brazilian Estuary. *J Crustacean Biol* 30:597–606. <https://doi.org/10.1651/09-3223.1>
- Keller RP, Drake JM, Drew MB, Lodge DM (2011) Linking environmental conditions and ship movements to estimate invasive species transport across the global shipping network. *Divers Distrib* 17:93–102. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00696.x>
- Kelley AL (2014) The role thermal physiology plays in species invasion. *Conserv Physiol* 2:cou045–cou045. <https://doi.org/10.1093/conphys/cou045>
- Kordas RL, Harley CDG, O'Connor MI (2011) Community ecology in a warming world: The influence of temperature on interspecific interactions in marine systems. *J Exp Mar Biol Ecol* 400:218–226. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2011.02.029>
- Kuo JH, Chang YT, Chen YJ, Hsu Y (2019) Influence of previous agonistic interactions with conspecifics on contest decisions. *Ethology* 125:660–668. <https://doi.org/10.1111/eth.12919>
- LaMonica LE, Fox RJ, Donelson JM (2021) Thermal sensitivity of juvenile rabbitfishes *Siganus doliatus* and *S. lineatus* (Siganidae): a key role for habitat? *Coral Reefs* 40:1307–1320. <https://doi.org/10.1007/s00338-021-02146-2>
- Lauchlan SS, Buckard G, Cassey P, Nagelkerken I (2019) Climate change erodes competitive hierarchies among native, alien and range-extending crabs. *Mar Environ Res* 104777. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2019.104777>
- Le Louarn M, Couillens B, Deschamps-Cottin M, Clergeau P (2016) Interference competition between an invasive parakeet and native bird species at feeding sites. *J Ethol* 34:291–298. <https://doi.org/10.1007/s10164-016-0474-8>
- Lindegren M, Östman Ö, Gårdmark A (2011) Interacting trophic forcing and the population dynamics of herring. *Ecology* 92:1407–1413. <https://doi.org/10.1890/10-2229.1>
- Liu C, Wolter C, Xian W, Jeschke JM (2020) Most invasive species largely conserve their climatic niche. *Proc Natl Acad Sci USA* 117:23643–23651. <https://doi.org/10.1073/pnas.2004289117>
- MacDonald JA, Roudez R, Glover T, Weis JS (2007) The invasive green crab and Japanese shore crab: Behavioral interactions with a native crab species, the blue crab. *Biol Invasions* 9:837–848. <https://doi.org/10.1007/s10530-006-9085-6>
- Mantelatto FLM, Garcia RB (2001) Biological aspects of the nonindigenous portunid crab *Charybdis hellerii* in the Western Tropical South Atlantic. *Bull Mar Sci* 68:469–477

- Marochi MZ, Costa TM, Buckley LB (2021) Ocean warming is projected to speed development and decrease survival of crab larvae. *Estuar Coast Shelf Sci* 259:. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107478>
- Marochi MZ, Moreto TF, Lacerda MB, et al (2013) Sexual maturity and reproductive period of the swimming blue crab *Callinectes danae* Smith, 1869 (Brachyura: Portunidae) from Guaratuba Bay, Paraná State, southern Brazil. *Nauplius* 21:43–52. <https://doi.org/10.1590/S0104-64972013000100006>
- Matheson K, Gagnon P (2012) Effects of temperature, body size, and chela loss on competition for a limited food resource between indigenous rock crab (*Cancer irroratus* Say) and recently introduced green crab (*Carcinus maenas* L.). *J Exp Mar Biol Ecol* 428:49–56. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2012.06.003>
- Mollot G, Pantel JH, Romanuk TN (2017) The Effects of Invasive Species on the Decline in Species Richness: A Global Meta-Analysis. *Adv Ecol Res*, 61–83. <https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2016.10.002>
- Nowicki JP, Miller GM, Munday PL (2012) Interactive effects of elevated temperature and CO² on foraging behavior of juvenile coral reef fish. *J Exp Mar Biol Ecol* 412:46–51. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2011.10.020>
- Ode PJ, Vyas DK, Harvey JA (2022) Extrinsic Inter- and Intraspecific Competition in Parasitoid Wasps. *Annu Rev Entomol* 67:305–328. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-071421-073524>
- Oliveira DN (2016) Impacto ecológico, comportamental e fisiológico da bioinvasão sobre populações nativas: o caso do siri invasora *Charybdis hellerii*. PhD thesis, São Paulo State University
- Pekár S, Brabec M (2018) Generalized estimating equations: A pragmatic and flexible approach to the marginal GLM modelling of correlated data in the behavioural sciences. *Ethology* 124:86–93. <https://doi.org/10.1111/eth.12713>
- Pereira MJ, Branco JO, Christoffersen ML, et al (2009) Population biology of *Callinectes danae* and *Callinectes sapidus* (Crustacea: Brachyura: Portunidae) in the southwestern Atlantic. *J Mar Biol Assoc UK* 89:1341–1351. <https://doi.org/10.1017/S0025315409000605>
- Polo-Cavia N, López P, Martín J (2011) Aggressive interactions during feeding between native and invasive freshwater turtles. *Biol Invasions* 13:1387–1396. <https://doi.org/10.1007/s10530-010-9897-2>
- R Core Team (2024). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rehman A, Alam MM, Ozturk I, et al (2022) Globalization and renewable energy use: how are they contributing to upsurge the CO2 emissions? A global perspective.

- Environ Sci and Pollut Res 30:9699–9712. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22775-6>
- Richter-Boix A, Garriga N, Montori A, et al (2013) Effects of the non-native amphibian species *Discoglossus pictus* on the recipient amphibian community: Niche overlap, competition and community organization. Biol Invasions 15:799–815. <https://doi.org/10.1007/s10530-012-0328-4>
- Rupia EJ, Binning SA, Roche DG, Lu W (2016) Fight-flight or freeze-hide? Personality and metabolic phenotype mediate physiological defense responses in flatfish. J Anim Ecol 85:927–937. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12524>
- Sanches FHC, Miyai CA, Costa TM, et al (2012) Aggressiveness overcomes body-size effects in fights staged between invasive and native fish species with overlapping niches. PLoS One 7:1–5. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029746>
- Sant’Anna BS, Watanabe TT, Turra A, Zara FJ (2012) Relative abundance and population biology of the non-indigenous crab *Charybdis hellerii* (Crustacea: Brachyura: Portunidae) in a southwestern Atlantic estuary-bay complex. Aquat Invasions 7:347–356. <https://doi.org/10.3391/ai.2012.7.3.006>
- Sardain A, Sardain E, Leung B (2019) Global forecasts of shipping traffic and biological invasions to 2050. Nat Sustain 2:274–282. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0245-y>
- Seebens H, Blackburn TM, Dyer EE, et al (2018) Global rise in emerging alien species results from increased accessibility of new source pools. Proc Natl Acad Sci U S A 115:E2264–E2273. <https://doi.org/10.1073/pnas.1719429115>
- Sinclair BJ, Marshall KE, Sewell MA, et al (2016) Can we predict ectotherm responses to climate change using thermal performance curves and body temperatures? Ecol Lett 19:1372–1385. <https://doi.org/10.1111/ele.12686>
- Sneddon LU, Huntingford FA, Taylor AC (1998) Impact of an ecological factor on the costs of resource acquisition: Fighting and metabolic physiology of crabs. Funct Ecol 12:808–815. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.1998.00249.x>
- Sneddon LU, Huntingford FA, Taylor AC (1997) The influence of resource value on the agonistic behaviour of the shore crab, *Carcinus maenas* (L.). Mar Freshw Behav Physiol 30:225–237. <https://doi.org/10.1080/10236249709379027>
- Sol, D, Bartomeus, I, Griffin, AS (2012) The paradox of invasion in birds: competitive superiority or ecological opportunism?. Oecologia 169, 553–564. <https://doi.org/10.1007/s00442-011-2203-x>
- Sorte CJB, Ibáñez I, Blumenthal DM, et al (2013) Poised to prosper? A cross-system comparison of climate change effects on native and non-native species performance. Ecol Lett 16:261–270. <https://doi.org/10.1111/ele.12017>

- Souza AT, Ribas FO, Moura JF, et al (2019) Influence of temperature on intraspecific, unbalanced dyadic contests between crabs. PeerJ e7845. <https://doi.org/10.7717/peerj.7845>
- Su X, Liu J, Wang F, et al (2020) Effect of temperature on agonistic behavior and energy metabolism of the swimming crab (*Portunus trituberculatus*). Aquaculture 516:734573. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734573>
- Sunday J, Bennett JM, Calosi P, et al (2019) Thermal tolerance patterns across latitude and elevation. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci 374:1778. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0036>
- Sura SA, Mahon HK (2011) Effects of Competition and Predation on the Feeding Rate of the Freshwater Snail, *Helisoma trivolvis*. Am Midl Nat 166:358–368. <https://doi.org/10.1674/0003-0031-166.2.358>
- Svenning J, Gravel D, Holt RD, et al (2014) The influence of interspecific interactions on species range expansion rates. Ecography 37:1198–1209. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.00574.x>
- Thorpe KE, Taylor AC, Huntingford FA (1995) How costly is fighting? Physiological effects of sustained exercise and fighting in swimming crabs, *Necora pubes* (L.) (Brachyura, Portunidae). Anim Beh 50:1657–1666
- Verdolin JL (2006) Meta-analysis of foraging and predation risk trade-offs in terrestrial systems. Behav Ecol Sociobiol 60:457–464. <https://doi.org/10.1007/s00265-006-0172-6>
- Vianna B da S, Miyai CA, Augusto A, Costa TM (2020) Effects of temperature increase on the physiology and behavior of fiddler crabs. Physiol Behav 215: <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2019.112765>
- Vinagre C, Leal I, Mendonça V, et al (2016) Vulnerability to climate warming and acclimation capacity of tropical and temperate coastal organisms. Ecol Indic 62:317–327. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.11.010>
- Vinagre C, Leal I, Mendonça V, Flores AAV (2015) Effect of warming rate on the critical thermal maxima of crabs, shrimp and fish. J Therm Biol 47:19–25. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2014.10.012>
- Vinagre C, Mendonça V, Flores AAV, et al (2018) Complex food webs of tropical intertidal rocky shores (SE Brazil) – An isotopic perspective. Ecol Indic 95:485–491. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.07.065>
- Weis JS (2010) The role of behavior in the success of invasive crustaceans. Mar Freshw Behav Physiol 43:83–98. <https://doi.org/10.1080/10236244.2010.480838>
- Wernberg T, Russell BD, Moore PJ, et al (2011) Impacts of climate change in a global hotspot for temperate marine biodiversity and ocean warming. J Exp Mar Biol Ecol 400:7–16. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2011.02.021>

- Wu F, Wang T, Cui S, et al (2017) Effects of seawater pH and temperature on foraging behavior of the Japanese stone crab *Charybdis japonica*. Mar Pollut Bull 120:99–108. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.04.053>
- Yalçın Özdilek Ş, Partal N, Jones RI (2019) An invasive species, *Carassius gibelio*, alters the native fish community through trophic niche competition. Aquat Sci 81: 29. <https://doi.org/10.1007/s00027-019-0623-6>
- Yoshino K, Koga T, Oki S (2011) Chelipeds are the real weapon: cheliped size is a more effective determinant than body size in male–male competition for mates in a hermit crab. Behav Ecol Sociobiol 65, 1825–1832. <https://doi.org/10.1007/s00265-011-1190-6>
- Yu H, Wan FH, Guo JY (2012) Different thermal tolerance and *hsp* gene expression in invasive and indigenous sibling species of *Bemisia tabaci*. Biol Invasions 14:1587–1595. <https://doi.org/10.1007/s10530-012-0171-7>
- Zaviezo T, Soares AO, Grez AA (2019) Interspecific exploitative competition between *Harmonia axyridis* and other coccinellids is stronger than intraspecific competition. Biol Control 131:62–68. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.12.008>
- Zengeya T, Booth A, Chimimba C (2015) Broad Niche Overlap between Invasive Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* and Indigenous Congenerics in Southern Africa: Should We be Concerned? Entropy 17:4959–4973. <https://doi.org/10.3390/e17074959>
- Zerebecki RA, Sorte CJB (2011) Temperature tolerance and stress proteins as mechanisms of invasive species success. PLoS One 6(4): e14806. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014806>