

RESSALVA

Atendendo solicitação da autora, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 30/04/2022.

temática e
Evolução

unesp 

CAMPUS DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO

Influência do predador sobre o uso do espaço e a atividade por girinos bentônicos e nectônicos

Yasmim Caroline Mossioli de Souza

MESTRADO

PÓS GRADUAÇÃO
EM BIOLOGIA ANIMAL



São José do Rio Preto
2020



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de São José do Rio Preto

Yasmim Caroline Mossioli de Souza

**Influência do predador sobre o uso do espaço e a atividade por girinos
bentônicos e nectônicos**

São José do Rio Preto
2020

Yasmim Caroline Mossioli de Souza

Influência do predador sobre o uso do espaço e a atividade por girinos bentônicos e nectônicos

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biologia Animal, junto ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto.

Financiadores: CAPES – 88882.330432/2019-01 e CNPq – 302328/2017-3.

Orientadora: Prof^a Dr^a Denise de Cerqueira Rossa-Feres

Coorientador: Prof. Dr. Tiago da Silveira Vasconcelos

S729i

Souza, Yasmim Caroline Mossioli de

Influência do predador sobre o uso do espaço e a atividade por girinos bentônicos e nectônicos / Yasmim Caroline Mossioli de Souza. -- São José do Rio Preto, 2020

63 f. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto

Orientadora: Denise de Cerqueira Rossa-Feres

Coorientador: Tiago da Silveira Vasconcelos

1. Ecologia animal. 2. Animais Comportamento. 3. Anuro. 4. Predação (Biologia). I. Título.

Yasmim Caroline Mossioli de Souza

Influência do predador sobre o uso do espaço e a atividade por girinos bentônicos e nectônicos

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biologia Animal, junto ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto.

Financiadores: CAPES – 88882.330432/2019-01 e CNPq – 302328/2017-3.

Comissão Examinadora

Profª Drª Denise de Cerqueira Rossa-Feres
UNESP - São José do Rio Preto, SP
Orientadora

Prof. Dr. Fausto Nomura
UFG - Goiânia, GO

Profª Drª Paula Cabral Eterovick
PUC - Belo Horizonte, MG

Prof. Dr. Mirco Solé Kienle
UESC - Ilhéus, BA

Profª Drª Flora Acuna Juncá
UEFS - Feira de Santana, BA

São José do Rio Preto
30 de abril de 2020

Para quem me fez: Gleicy Mossioli e Adalberto Souza. Eu existo por causa de vocês, espero que olhem para nós e sintam que valeu a pena. Para minhas irmãs: Angélica Mossioli e Isabela Souza estamos juntas, sempre.

AGRADECIMENTOS

Ouvi durante toda a minha graduação que a pesquisa acadêmica é feita por inúmeras pessoas e que não acontece do dia para a noite, mas, de fato, só entendi isso durante essa bela jornada denominada mestrado. Eu, certamente, só tenho a agradecer a todas as pessoas que contribuíram com o meu crescimento pessoal e profissional durante esses últimos dois anos. Finalizo uma linda etapa da minha vida e realizo um sonho, mas consciente de que a jornada não termina por aqui.

ORIENTADORES

Vocês me ensinaram que ciência se faz com perseverança, curiosidade, seriedade, entusiasmo e, o mais importante, amor. Espero levar para a vida toda o muito que vocês me ensinaram nesses anos. Muito obrigada por tanto, por tudo!

Prof^a Dr^a Denise,

Muito obrigada por me receber tão bem no seu Laboratório de Ecologia Teórica (LET). Eu já lhe admirava e queria ser sua aluna desde o segundo ano da graduação, mas eu não imaginava que iria aprender tanto, não só sobre ciência, ecologia, girinos, mas sobre a vida. Obrigada por ser a peça fundamental do meu crescimento profissional e pessoal. Eu não poderia ter escolhido pessoa melhor para me orientar nessa empreitada que é o mestrado. A senhora e cada pessoa que já passou pelo laboratório (muitas gerações de herpetólogas e herpetólogos) me acolheram e fizeram-me sentir em casa, em família, nessa grande família que é o LET. Eu só tenho a agradecer pela oportunidade e o privilégio de ser sua aluna. Agradeço também pela paciência em sanar as minhas dúvidas, não foi fácil migrar de área, mas foi apaixonante e gratificante. Obrigada por ir pessoalmente ao campo me ensinar a coletar girinos e náíades de Odonata, pela preocupação todas as vezes que fiquei até tarde no laboratório, por me acalmar todas as vezes (e foram muitas) que pensei que não daria certo/tempo de finalizar o trabalho e por acreditar em mim, especialmente naqueles momentos que nem eu acreditei. O seu amor e dedicação pela ciência, especialmente pela ecologia, é contagiante e nos inspira a fazer o nosso melhor. O meu muito obrigada pela sua coragem, determinação e rigor científico que inspiram jovens pesquisadoras como eu.

Prof. Dr. Tiago,

Agradeço a você por tudo que me ensinou desde 2014 (o tempo voa, não é?!). Mais de 5 anos se passaram desde quando comecei a fazer parte do seu laboratório na UNESP (Bauru). É difícil expressar toda a gratidão por todos esses anos de aprendizado e amizade. Você não só me viu “crescer” como foi também peça fundamental desse crescimento. Olhando para trás vejo como cheguei no seu laboratório, uma caloura cheia de sonhos e curiosidades, que devorava todos os artigos que você recomendava. Hoje estou concluindo o mestrado, em parte graças a você, afinal foi quem me apresentou o mundo acadêmico, me ensinou, por exemplo, a interpretar artigos, realizar revisão bibliográfica, abordagens metodológicas, analisar dados e interpretar resultados. Além disso, foi você que me colocou em contato com a professora Denise e, mais uma vez, contribuiu com a continuação da minha formação acadêmica. E, claro, me coorientou nesse turbilhão que é o mestrado. Muito obrigada por cada sugestão, conselho e, principalmente, por responder todos os meus e-mails (que foram muitos, como sempre). Eu tenho muita sorte (e digo isso para todo mundo) por ter sido orientada na IC por um pesquisador e professor competente, paciente, excelente e amigo. Agradeço por você nunca me julgar como incapaz de exercer determinada tarefa por ser mulher. Muito obrigada por sempre acreditar em mim, nos meus sonhos e por contribuir na realização deles (por exemplo, artigo publicado).

COLABORADORAS

Profª Drª Luisa,

Muito obrigada por aceitar colaborar com a minha dissertação apesar de não ser sua área de pesquisa. Além disso, agradeço por me receber tão bem em seu laboratório, por me mostrar um pouquinho da UFG e de Goiânia (a comida dessa cidade é maravilhosa). Obrigada por cada minuto de aprendizado, pela paciência e disponibilidade em me auxiliar com as análises pessoalmente e virtualmente (não foi fácil, mas conseguimos). Você é uma pesquisadora brilhante e me sinto privilegiada de trabalhar com você. Espero que essa parceria se perpetue também no futuro.

Drª Fabiane,

Agradeço por tudo que você fez por mim durante essa jornada maluca que é o mestrado. Obrigada pela ajuda em campo, foram momentos de muitas risadas porque você e o Carlos são uma dupla dinâmica que fazem todos ao redor morrerem de rir com suas peripécias. Agradeço também pela ajuda com os experimentos (montagem, execução e discussões sobre os métodos),

pela disponibilidade e paciência em sanar as minhas dúvidas (e foram muitas) ao longo dessa jornada. Você é uma pessoa incrível (alegre, amiga e confiável), uma pesquisadora excelente (competente, determinada e criativa) e uma professora maravilhosa, apesar de não ser licenciada, você me ensinou muito, não só sobre assuntos acadêmicos, mas sobre a vida. Muito obrigada por ser esse anjo ruivo na minha vida, sou grata e feliz por nossos caminhos terem se cruzado.

AOS MEMBROS DA BANCA DE QUALIFICAÇÃO

Muito obrigada Dr. Eduardo Santos e Dr^a Lilian Casatti, por contribuírem com a melhoria desta dissertação, por meio de correções e sugestões. O trabalho ficou ainda melhor com a contribuição de vocês.

AOS MEMBROS DA BANCA DE DEFESA

Agradeço por aceitarem contribuir com a melhoria desta dissertação. Vocês, Dr. Fausto Nomura e Dr^a Paula Eterovick são grandes inspirações. Estou muito feliz e honrada em poder contar com uma banca avaliadora de destaque na ciência. As considerações de vocês farão com que a qualidade final do trabalho aqui apresentado seja muito superior do que a presente versão.

FAMÍLIA

Muito obrigada mãe e pai por todo o suporte durante a minha vida inteira. Pelo privilégio de estudar sem precisar me preocupar com a questão financeira. Por apoiarem minhas escolhas, mesmo sem entende-las muito bem. Afinal, quem em sã consciência estuda os filhotes dos sapos, não é mãe!/? Agradeço por tudo que vocês fizeram e fazem por mim, vocês são incríveis! E mais do que isso, agradeço por me criarem para ser uma mulher forte, determinada, trabalhadora, honesta e sonhadora.

Agradeço as minhas irmãs pelo companheirismo de sempre. Nada nesse mundo separa esse trio! Agradeço, principalmente, a minha irmã caçula por ser essa pessoa incrível. Isa, muito obrigada por ser o meu porto seguro, por me acompanhar nessa jornada louca que é a vida, por ser essa pessoa sensata e equilibrada que vive me dando conselhos e broncas. Eu nem precisei pedir para os nossos pais uma irmãzinha, afinal só temos um ano e sete meses de diferença, mas com toda certeza você é o melhor presente que eles poderiam me dar: uma irmã e amiga, sabemos o quão raro isso é e, por isso, somos tão gratas. Você é a minha pessoa preferida no mundo e quando você precisar de mim, lembra que estou bem aqui, independente da minha

localização geográfica, eu sempre estarei presente (pessoal ou virtualmente) quando você precisar.

Muito obrigada Fefs por estar ao meu lado em todos os bons e maus momentos. Por todas as vezes que você leu esta dissertação para me ajudar a encontrar possíveis erros (digitação ou gramática). E, claro, por ser essa pessoa que faz rir, mas que chora tão facilmente todas as vezes que vai embora. Eu sei que a distância é uma droga, eu em Rio Preto e você em Bauru, mas o amor é liberdade, é permitir que o outro seja quem quiser em qualquer lugar do mundo.

AMIGOS E COLEGAS

LET

Agradeço as integrantes do Laboratório de Ecologia Teórica: Danusy, Paula e Ynaiá que me ajudaram indo para campo e com os experimentos, assistiram minhas apresentações e sempre me deram força. Girl power!

Muito obrigada aos agregados do Laboratório de Ecologia Teórica: Denise, Katiuce e Vitor que são pessoas incríveis que sempre me ajudaram de alguma forma. A Denise prontificou-se para ir nas coletas e me acompanhar nos experimentos noturnos. A Katiuce, apesar de muito atarefada, produziu as belíssimas fotos das náíades de Odonata e disponibilizou as fotos dos girinos. O Vitor compartilhou artigos, sanou algumas dúvidas, ajudou nas coletas e experimentos.

Agradeço aos técnicos do Laboratório de Ecologia Teórica: Carlos e Cristiano que sempre estiveram disponíveis para ajudar. O Cristiano, apesar de ser da área da saúde, foi para o campo ajudar a coletar girinos e náíades. O Carlos é uma das melhores pessoas do mundo. Ele resolve os problemas com a maior facilidade. Não tem água para fazer os experimentos? Ele resolve. Não tem náíades de Odonata nas poças? Ele resolve. Não tem dinheiro para comprar tripé para todas as câmeras que serão utilizadas no experimento? Ele resolve. A única indagação que eu levo desse período do mestrado é: “O que o Carlos não resolve?”. Brincadeiras à parte, sem a ajuda do Carlos eu não conseguiria coletar os girinos e as náíades e nem fazer os experimentos porque ele foi peça fundamental nessas tarefas. Eu não tinha prática nenhuma em coletar esses animais, ficar de baixo do sol por horas, confeccionar caixas de tela, tripé com canos de pvc, sistemas de iluminação, etc. Deixo aqui o meu MUITO OBRIGADA por tudo isso. Além disso, agradeço por todo o aprendizado, não só acadêmico, mas sobre como lidar com a vida e as pessoas.

Muito obrigada Prof. Dr. Florindo (laboratório de fisiologia) por emprestar a balança para eu pesar a ração dos girinos. Além disso, agradeço pelos momentos de descontração na hora do café da tarde, quantas histórias e risadas.

Agradeço a Rosângela, funcionária responsável pela limpeza do Laboratório de Ecologia Teórica, por entender que em dia de coleta tudo fica sujo de terra e que a gente dá um jeitinho de limpar tudo sem atrapalhar o seu serviço.

AMIGOS DE LONGA DATA

Ao meu amigo Nicholas por todos esses anos (são muitos) de amizade. Não importa o tempo ou a distância a nossa sintonia é sempre incrível. Por isso, parafraseando Carl Sagan, diante da vastidão do tempo e da imensidão do universo eu sou muito grata por dividir um planeta e uma mesma época com você. São tantos momentos, sonhos e decisões compartilhadas. Eu me encho de orgulho ao acompanhar a sua trajetória, vibro com cada conquista sua e sei, com toda a certeza, que você merece só o melhor desse mundo.

À minha amiga Natalia, quem diria que o técnico em meio ambiente da ETESP resultaria nessa belíssima amizade?! E lá se foram 7 anos de companheirismo, risadas, conversas, conselhos e claro, incentivando uma à outra para sermos a nossa melhor versão. É raro que as amigas durem tanto, a vida muda, os cenários são alterados, mas a nossa permanece intacta e por isso, sou extremamente grata.

À minha amiga Brenda, que independente da distância, se mantém presente em todos os momentos importantes. O seu incentivo e sua alegria com as minhas pequenas vitórias me fazem sentir orgulho e me dão força para ir além. Você é um presente que eu ganhei do técnico jurídico na ETEC MAS. Sou e sempre serei grata a esse encontro, a essa amizade, a você.

AGÊNCIAS DE FOMENTO

Quero destacar a importância das agências de fomento na construção de uma ciência de qualidade no país. A formação de bons cientistas precisa de investimento. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, Processo - 88882.330432/2019-01 e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - 302328/2017-3.

Muito obrigada a todos vocês, que de uma forma ou de outra, contribuíram para que esta dissertação acontecesse.

*“me levanto
sobre o sacrifício
de um milhão de mulheres que vieram antes
e penso
o que é que eu faço
para tornar essa montanha mais alta
para que as mulheres que vierem depois de mim
possam ver além”
Rupi Kaur (2018, p. 213)*

RESUMO

As interações entre espécies influenciam a estrutura de comunidades, a dinâmica das populações, a morfologia, a fisiologia e o comportamento das espécies. A mortalidade é um efeito direto promovido pelo predador, mas também há outros efeitos indiretos decorrentes da presença do predador, como alterações no comportamento da presa. Nos ambientes aquáticos a presa pode detectar o risco de predação por meio de sinais visuais, mecânicos e químicos. Ao detectar o predador, a presa pode usar estratégias, como formação de cardume, mudança no padrão de uso de habitat e diminuição da atividade natatória para reduzir a predação. Apesar de diminuir a taxa de predação, as estratégias antipredatórias tem custos para as presas e configuram um *trade-off*. Os comportamentos que aumentam a chance de escapar do predador prejudicam a atividade e o forrageamento dos girinos, diminuindo seu crescimento e suas chances de sobrevivência. Os aspectos morfológicos e fisiológicos são importantes na ocupação da coluna d'água por girinos, mas, será que a predação também é uma pressão que determina o modo como os girinos ocupam a coluna d'água? Entender como a predação influencia o comportamento dos girinos pode elucidar aspectos da dinâmica populacional e estruturação de comunidades, bem como dos mecanismos que regulam o padrão evolutivo dos anuros. Nesse contexto, esta dissertação, apresentada na forma de manuscrito, apresenta um estudo no qual foi testado experimentalmente como um predador aquático (náide de Odonata; *Micrathyrta* sp.) influencia o uso do espaço, a atividade e o comportamento de forrageamento de girinos bentônicos (*Physalaemus nattereri*) e nectônicos (*Scinax fuscovarius*).

Palavras-chave: Interação predador-presa; *Micrathyrta* sp.; *Physalaemus nattereri*; *Scinax fuscovarius*.

ABSTRACT

Interactions between species influence community structure, population dynamics, morphology, physiology and species' behavior. Mortality is a direct effect caused by the interaction with a predator, but even the simple presence of predators can lead to other indirect effects such as alterations on prey's behavior. In aquatic environments, prey may detect predation risk by visual, mechanical, and chemical cues. When detecting a predator, the prey can use strategies to escape predation such as shoal formation, changes on habitat use pattern, and reduction on swimming activity. Despite decreasing predation rates, the antipredatory strategies have costs for the prey and set up a trade-off. For example, the same behavior that raises the prey's chance to escape from a predator, decreases its foraging activity, leading thus to a reduction in the prey's growth and survivorship. Among tadpoles, morphological and physiological aspects are important to determine water column occupation. But could predation also be an important pressure that determines the way tadpoles occupy the water column? Understanding how predation influences tadpoles' behavior may elucidate populational dynamics and community structuring aspects, as well as the mechanisms that regulate anuran evolutionary patterns. In this sense, this dissertation presents a study, in a manuscript form, that tested experimentally the influence of an aquatic predator (Odonata water nymph; *Micrathyria* sp.) on the use of space, activity and foraging behavior of benthic (*Physalaemus nattereri*) and nektonic (*Scinax fuscovarius*) tadpoles.

Keywords: Predator-prey interaction; *Micrathyria* sp.; *Physalaemus nattereri*; *Scinax fuscovarius*.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO GERAL | 14 |
| 2. REFERÊNCIAS | 16 |
| 3. CAPÍTULO 1. Influência do predador sobre o uso do espaço e a atividade por girinos bentônicos e nectônicos..... | 18 |
| 4. RESUMO | 19 |
| 5. ABSTRACT | 21 |
| 6. INTRODUÇÃO | 23 |
| 7. MATERIAL E MÉTODOS | 25 |
| 7.1 Espécies e aclimação | 25 |
| 7.2 Delineamento experimental..... | 27 |
| 7.3 Obtenção de dados | 29 |
| 7.4 Análises estatísticas..... | 29 |
| 8. RESULTADOS | 31 |
| 8.1 Uso do espaço e atividade de girinos bentônicos e nectônicos | 31 |
| 8.1.1 Girinos bentônicos | 31 |
| 8.1.2 Girinos nectônicos | 32 |
| 8.2 Profundidade de forrageamento em girinos bentônicos e nectônicos..... | 32 |
| 8.2.1 Girinos bentônicos | 32 |
| 8.2.2 Girinos nectônicos | 32 |
| 9. DISCUSSÃO | 33 |
| 9.1 Uso do espaço e atividade de girinos bentônicos e nectônicos | 34 |
| 9.1.1 Girinos bentônicos | 34 |
| 9.1.2 Girinos nectônicos | 35 |
| 9.2 Profundidade de forrageamento em girinos bentônicos e nectônicos..... | 36 |
| 10. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 38 |
| 11. AGRADECIMENTOS | 38 |
| 12. FINANCIAMENTO | 38 |

| | |
|--|----|
| REFERÊNCIAS | 39 |
| FIGURAS | 45 |
| TABELAS | 54 |
| APÊNDICE A - Girinos nectônicos de <i>S. fuscovarius</i> utilizando a gaiola como apoio, independente da presença do predador | 63 |

1. INTRODUÇÃO GERAL

As interações entre espécies influenciam a dinâmica das populações, a estrutura de comunidades, a morfologia, a fisiologia e o comportamento das espécies (Lima & Dill, 1990; Lima, 1998; Van Buskirk & Schmidt, 2000; Breviglieri et al., 2017). A influência das interações na dinâmica populacional e, conseqüentemente na estrutura de comunidades, pode ser mensurada a partir do desenvolvimento de equações logísticas que possibilitam quantificar o efeito da competição e da predação na dinâmica das populações. Nesse sentido, os modelos de competição e predação propostos de forma independente por Lotka (1925) e Volterra (1926) foram fundamentais para nos ajudar a entender e prever os resultados das interações de competição e predação entre espécies.

O modelo de competição (Modelo Lotka-Volterra) define que a competição ocorre quando um organismo exerce um efeito negativo sobre outro, consumindo ou controlando o acesso a um recurso cuja disponibilidade é limitada. O modelo predador-presa (Modelo Lotka-Volterra) descreve a interação entre duas espécies, sendo que a presa dispõe de recursos em abundância, mas é regulada pelo predador, que utiliza a presa como fonte de alimento (Begon et al., 2007).

Os predadores podem promover tanto um efeito letal nas presas, no caso a mortalidade, como também outros inúmeros efeitos não letais resultantes da percepção da presença do predador no ambiente (e.g., Barnett & Richardson, 2002; Vonesh & Warkentin, 2006). Um efeito não letal é a alteração no padrão de uso de habitat. Por exemplo, pequenos lagostins alteram sua distribuição para águas rasas devido à presença de peixes predadores (*Lepomis cyanellus* e *Semotilus atromaculatus*) em áreas profundas (Englund & Krupa, 2000). Os predadores também podem promover modificações no uso de recursos. Um exemplo é a mudança na profundidade de forrageamento de golfinhos (*Tursiops aduncus*) de águas rasas para águas mais profundas, ainda que com menor disponibilidade de alimento, quando tubarões-tigre (*Galeocerdo cuvier*) são abundantes (Heithaus & Dill, 2006).

Nos ambientes aquáticos a presa pode detectar o risco de predação por meio de sinais visuais (Chivers et al., 2001), mecânicos (Stauffer & Semlitsch, 1993) e químicos (Ferrari et al., 2010). A detecção de sinais mecânicos do predador, oriundos de seu deslocamento ou movimentação, pelos girinos ocorre pela linha lateral (Duellman & Trueb, 1994). Já a percepção de sinais químicos pelas presas pode ocorrer: (i) pelo odor característico do predador, denominado kairomone, (ii) por substâncias químicas liberadas por presas assustadas (e.g., amônia urinária), conhecido como sinal de perturbação e (iii) por compostos químicos liberados

devido ao dano tecidual da presa durante o ataque do predador, designado sinal de alarme (Ferrari et al., 2010).

Ao detectar o predador, a presa pode usar estratégias antipredatórias, como a formação ou intensificação de cardumes (e.g., girinos de *Bufo bufo* na presença do peixe predador *Gasterosteus aculeatus*; Watt et al., 1997) e a mudança no padrão de uso de habitat (e.g., peixes *Ancistrus spinosus* na presença de diversas espécies de aves e mamíferos; Power, 1984). Ou ainda, as presas podem simplesmente reduzir suas atividades, se deslocando e forrageando menos quando detectam o predador (e.g., Stauffer & Semlitsch, 1993; Hettyey et al., 2012).

No entanto, apesar de diminuir a taxa de predação, as estratégias antipredatórias tem custos para as presas e configuram um *trade-off* (Eklöv & Halvarsson, 2000). Por exemplo, girinos de *Anaxyrus americanus* reduzem a atividade natatória e conseqüentemente o forrageamento evitando a predação por náides de Odonata (*Anax junius*). Porém, essa resposta resulta em um menor crescimento do corpo e dos membros, o que pode prejudicar a sobrevivência dos girinos (Skelly & Werner, 1990).

Compreender como a predação influencia o comportamento dos girinos pode elucidar aspectos da dinâmica populacional e estruturação de comunidades, bem como dos mecanismos que regulam o padrão evolutivo dos anuros. Por exemplo, Relyea (2001) observou que diferentes predadores (*Umbra limi*, *Anax* spp., *Notophthalmus viridescens*, *Dytiscus* sp., *Ambystoma tigrinum* e *Belostoma* sp.) induzem alterações morfológicas em girinos de diversas espécies (*Lithobates sylvaticus*, *L. pipiens*, *L. catesbeianus*, *L. clamitans*, *Anaxyrus americanus* e *Dryophytes versicolor*), a magnitude dessa indução depende da combinação predador-presa, o que pode influenciar na evolução dessas espécies de presas.

Sabemos que os aspectos morfológicos e fisiológicos são importantes na ocupação da coluna d'água por girinos (Alexander, 1966; Altig & Johnston, 1989; Hoff et al., 1999; McDiarmid & Altig, 1999), mas será que a predação também é uma pressão que determina o modo como os girinos ocupam a coluna d'água?

Nesse contexto, testamos experimentalmente como um predador aquático (náide de Odonata) comumente encontrado nas poças temporárias e permanentes do noroeste do Estado de São Paulo (e.g., Sousa et al., 2011; Nomura et al., 2013) altera o comportamento, especificamente o uso da coluna d'água, de girinos bentônicos e nectônicos. Adicionalmente, testamos a influência da presença do predador na eficiência de forrageamento e na atividade dos girinos.

nectônicos, que possuem corpo comprimido, nadadeiras altas, presença de flagelo na cauda e capacidade de regular a flutuabilidade permaneceram ativos e, nesse caso, a fuga por natação e o uso de refúgio (Kopp et al., 2006; presente estudo) parecem ser os mecanismos antipredadores desses girinos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desse estudo indicam que a morfologia e a fisiologia dos girinos bentônicos mediaram sua resposta a presença do predador (náide de Odonata), exibindo estratégia de imobilidade. Para os girinos nectônicos, por outro lado, o uso da coluna d'água está ligado a uma série de fatores que interagem, inclusive com o risco de predação, levando a uma amplitude maior do nicho que esses girinos podem ocupar em termos de profundidade da coluna d'água. Estudos futuros são necessários para testar experimentalmente um maior número de espécies de presas bentônicas e nectônicas, e também predadores nectônicos para melhor entender as interações entre os girinos, predadores e o ambiente.

AGRADECIMENTOS

Nós agradecemos ao Prof. Dr. Luiz H. Florindo por apoiar este estudo com equipamentos e infraestrutura. Agradecemos ao Prof. Dr. Paulo De Marco Jr pela identificação das náides de Odonata e a Katiuce O. R. Picheli por produzir as fotografias dos girinos e náides. Além disso, agradecemos ao matemático Luís Felipe Salvador Boato, ao biólogo Carlos Eduardo de Sousa e aos colegas do Laboratório de Ecologia Teórica / UNESP de São José do Rio Preto pela ajuda durante os experimentos.

FINANCIAMENTO

Este trabalho foi apoiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (88882.330432/2019-01 à Y.C.M.S) e pela Bolsa de Pesquisa concedida pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (302328/2017-3 à D.C.R-F).

REFERÊNCIAS

- ABRAMSKY, Z.; ROSENZWEIG, M.L. & SUBACH, A. 2002. The costs of apprehensive foraging. *Ecology*, 83: 1330-1340.
- ALEXANDER, R.McN. 1966. Physical aspects of swimbladder function. *Biological Reviews*, 41: 141-176.
- ALTIG, R. & JOHNSTON, G.F. 1989. Guilds of anuran larvae: relationships among developmental modes, morphologies, and habitats. *Herpetological Monographs*, 3: 81-109.
- ANHOLT, B.R. & WERNER, E.E. 1995. Interaction between food availability and predation mortality mediated by adaptive behavior. *Ecology*, 76: 2230-2234.
- ARRIBAS, R.; TOUCHON, J.C. & GOMEZ-MESTRE, I. 2018. Predation and competition differentially affect the interactions and trophic niches of a neotropical amphibian guild. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6: 28.
- BABBITT, K.J. & JORDAN, F. 1996. Predation on *Bufo terrestris* tadpoles: effects of cover and predator identity. *Copeia*, 1996: 485-488.
- BABBITT, K.J. & TANNER, G.W. 1998. Effects of cover and predator size on survival and development of *Rana utricularia* tadpoles. *Oecologia*, 114: 258-262.
- BARTOŃ, K. Package “MuMIn”. 2019. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/MuMIn/MuMIn.pdf>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2020.
- BATES, D.; MÄCHLER, M.; BOLKER, B.M. & WALKER, S.C. 2015. Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67: 1-48.
- BREHENY, P. & BURCHETT, W. Package “visreg”. 2019. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/visreg/visreg.pdf>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2020.
- BROCKELMAN, W.Y. 1969. An analysis of density effects and predation in *Bufo americanus* tadpoles. *Ecology*, 50: 632-644.
- BURNHAM, K.P. & ANDERSON, D.R. 2002. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach second edition. New York, Springer-Verlag, 488p.
- BURRACO, P.; DUARTE, L.J. & GOMEZ-MESTRE, I. 2013. Predator-induced physiological responses in tadpoles challenged with herbicide pollution. *Current Zoology*, 59: 475-484.
- CASATTI, L. & CASTRO, R.M.C. 1998. A fish community of the São Francisco river headwaters riffles, southeastern Brazil. *Ichthyological Explorations of Freshwaters*, 9: 229-242.

- CHABOT, D.; GAGNON, P. & DIXON, E.A. 1996. Effect of predator odors on heart rate and metabolic rate of wapiti (*Cervus elaphus canadensis*). *Journal of Chemical Ecology*, 22: 839-868.
- CREEL, S.; WINNIE, J.; MAXWELL, B.; HAMLIN, K. & CREEL, M. 2005. Elk alter habitat selection as an antipredator response to wolves. *Ecology*, 86: 3387-3397.
- D'HEURSEL, A. & HADDAD, C.F.B. 1999. Unpalatability of *Hyla semilineata* tadpoles (Anura) to captive and free-ranging vertebrate predators. *Ethology Ecology & Evolution*, 11: 339-348.
- EKLÖV, P. & HALVARSSON, C. 2000. The trade-off between foraging activity and predation risk for *Rana temporaria* in different food environments. *Canadian Journal of Zoology*, 78: 734-739.
- EKLÖV, P. & SVANBÄCK, R. 2006. Predation risk influences adaptive morphological variation in fish populations. *The American Naturalist*, 167: 440-452.
- EKLÖV, P. & WERNER, E.E. 2000. Multiple predator effects on size-dependent behavior and mortality of two species of anuran larvae. *Oikos*, 88: 250-258.
- FOX, J.; WEISBERG, S.; PRICE, B.; ADLER, D.; BATES, D.; BAUD-BOVY, G.; BOLKER, B.; ELLISON, S.; FIRTH, D.; FRIENDLY, M.; GORJANC, G.; GRAVES, S.; HEIBERGER, R.; KRIVITSKY, P.; LABOISSIERE, R.; MAECHLER, M.; MONETTE, G.; MURDOCH, D.; NILSSON, H.; OGLE, D.; RIPLEY, B.; VENABLES, W.; WALKER, S.; WINSEMIUS, D. & ZEILEIS, A. Package "car". 2019. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/car/car.pdf>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2020.
- GASCON, C. 1989. Predator-prey size interaction in tropical ponds. *Revista Brasileira de Zoologia*, 6: 701-706.
- GEE, J.H. & RONDEAU, S.L. 2012. Strategies used by tadpoles to optimize buoyancy in different habitats. *Herpetologica*, 68: 3-13.
- GONZALEZ, S.C.; TOUCHON, J.C. & VONESH, J.R. 2011. Interactions between competition and predation shape early growth and survival of two neotropical hylid tadpoles. *Biotropica*, 43: 633-639.
- GOSNER, K.L. 1960. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. *Herpetologica*, 16: 183-190.
- HERSHEY, A.E.; LAMBERTI, G.A.; CHALONER, D.T. & NORTHINGTON, R.M. 2010. Aquatic insect ecology. *In*: Thorp, J.H. & Covich, A.P. (eds). *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates*. Cambridge, Academic Press, 659-694p.

- HETTYEY, A.; VINCZE, K.; ZSARNÓCZAI, S.; HOI, H. & LAURILA, A. 2011. Costs and benefits of defences induced by predators differing in dangerousness. *Journal of Evolutionary Biology*, 24: 1007-1019.
- HEYER, W.R.; MCDIARMID, R.W. & WEIGMANN, D.L. 1975. Tadpoles, predation and pond habitats in the tropics. *Biotropica*, 7: 100-111.
- HOFF, K.v.S.; BLAUSTEIN, A.R.; MCDIARMID, R.W. & Altig, R. 1999. Behavior: interactions and their consequences. *In: McDiarmid, R.W. & Altig, R. (Eds). Tadpoles: the biology of anuran larvae. Chicago, The University of Chicago Press, 215-239p.*
- HOTHORN, T.; ZEILEIS, A.; FAREBROTHER, R.W.; CUMMINS, C.; MILLO, G.; MITCHELL, D. Package "lmtest". 2019. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/lmtest/lmtest.pdf>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2020.
- JARA, F.G. & PEROTTI, M.G. 2010. Risk of predation and behavioural response in three anuran species: influence of tadpole size and predator type. *Hydrobiologia*, 644: 313-324.
- JORDANI, M.X.; MOUQUET, N.; CASATTI, L.; MENIN, M.; ROSSA-FERES, D.C.; ALBERT, C.H. 2019. Intraspecific and interspecific trait variability in tadpole metacommunities from the Brazilian Atlantic rainforest. *Ecology and Evolution*, 9: 4025-4037.
- KIESECKER, J.M.; CHIVERS, D.P. & BLAUSTEIN, A.R. 1996. The use of chemical cues in predator recognition by western toad tadpoles. *Animal Behaviour*, 52: 1237-1245.
- KOPP, K.; WACHLEVSKI, M. & ETEROVICK, P.C. 2006. Environmental complexity reduces tadpole predation by water bugs. *Canadian Journal of Zoology*, 84: 136-140.
- LIMA, S.L. & DILL, L.M. 1990. Behavioral decisions made under the risk of predation: a review and prospectus. *Canadian Journal of Zoology*, 68: 619-640.
- MACCHIUSI, F. & BAKER, R.L. 1992. Effects of predators and food availability on activity and growth of *Chironomus tentans* (Chironomidae: Diptera). *Freshwater Biology*, 28: 207-216.
- MAIA, C.M. & VOLPATO, G.L. 2013. Environmental light color affects the stress response of Nile tilapia. *Zoology*, 116: 64-66.
- MARQUES, Y.Y.; ANNIBALE, F.S. & ROSSA-FERES, D.C. 2019. Uso do habitat e preferência de forrageamento em girinos bentônicos e nectônicos. 33 páginas, *in prep.*
- MCDIARMID, R.W. & ALTIG, R. 1999. Research: materials and techniques. *In: McDiarmid, R.W. & Altig, R (Eds). Tadpoles: the biology of anuran larvae. Chicago, The University of Chicago Press, 7-23p.*

- NOMURA, F.; DE MARCO, P.; CARVALHO, A.F.A. & ROSSA-FERES, D.C. 2013. Does background colouration affect the behaviour of tadpoles? An experimental approach with an odonate predator. *Ethology Ecology & Evolution*, 25: 185-198.
- NOMURA, F.; PRADO, V.H.M.; SILVA, F.R.; BORGES, R.E.; DIAS, N.Y.N. & ROSSA-FERES, D.C. 2011. Are you experienced? Predator type and predator experience trade-offs in relation to tadpole mortality rates. *Journal of Zoology*, 284: 144-150.
- NOMURA, F.; ROSSA-FERES, D.C. & PRADO, V.H.M. 2003. The tadpole of *Physalaemus fuscomaculatus* (Anura: Leptodactylidae), with a description of internal oral morphology. *Zootaxa*, 370: 1-8.
- PETRANKA, J.W.; KATS, L.B. & SIH, A. 1987. Predator-prey interactions among fish and larval amphibians: use of chemical cues to detect predatory fish. *Animal Behaviour*, 35: 420-425.
- PRADO, V.H.M.; FONSECA, M.G.; ALMEIDA, F.V.R.; NECCHI JR, O. & ROSSA-FERES, D.C. 2009. Niche occupancy and the relative role of micro-habitat and diet in resource partitioning among pond dwelling tadpoles. *South American Journal of Herpetology*, 4: 275-285.
- PRITCHARD, G. 1965. Prey capture by dragonfly larvae (Odonata; Anisoptera). *Canadian Journal of Zoology*, 43: 271-289.
- QUEIROZ, C.S.; SILVA, F.R. & ROSSA-FERES, D.C. 2015. The relationship between pond habitat depth and functional tadpole diversity in an agricultural landscape. *Royal Society Open Science*, 2: 150-165.
- RELYEA, R.A. 2001. Morphological and behavioral plasticity of larval anurans in response to different predators. *Ecology*, 82: 523-540.
- RELYEA, R.A. 2002. Costs of phenotypic plasticity. *The American Naturalist*, 159: 272-282.
- RICHARDSON, J.M.L. 2001. A comparative study of activity levels in larval anurans and response to the presence of different predators. *Behavioral Ecology*, 12: 51-58.
- ROSSA-FERES, D.C.; JIM, J. & FONSECA, M.G. 2004. Diets of tadpoles from a temporary pond in southeastern Brazil (Amphibia, Anura). *Revista Brasileira de Zoologia*, 21: 745-754.
- ROSSA-FERES, D.C. & NOMURA, F. 2006. Characterization and taxonomic key for tadpoles (Amphibia: Anura) from the northwestern region of São Paulo State, Brazil. *Biota Neotropica*. 6: <http://www.biotaneotropica.org.br/v6n1/pt/abstract?identification-key+bn00706012006>

- ROSSA-FERES, D.C.; VENESKY, M.D.; NOMURA, F.; ETEROVICK, P.C.; VERA CANDIOTI, M.F.; MENIN, M.; JUNCÁ, F.A.; SCHIESARI, L.C.; HADDAD, C.F.B.; GAREY, M.V.; DOS ANJOS, L.A. & WASSERSUG, R.J. 2015. Taking tadpole biology into the 21st century: a consensus paper from the first tadpoles international workshop. *Herpetologia Brasileira*, 4: 48-59.
- SANTOS, T.G.; ROSSA-FERES, D.C. & CASATTI, L. 2007. Diversidade e distribuição espaço-temporal de anuros em região com pronunciada estação seca no sudeste do Brasil. *Iheringia - Série Zoologia*, 97: 37-49.
- SCHNEIDER, C.A.; RASBAND, W.S. & ELICEIRI, K.W. 2012. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*, 9: 671-675.
- SCHULZE, A.; JANSEN, M. & KÖHLER, G. 2015. Tadpole diversity of Bolivia's lowland anuran communities: molecular identification, morphological characterisation, and ecological assignment. *Zootaxa*, 4016: 001-111.
- SEMLITSCH, R.D. & REYER, H.U. 1992. Modification of anti-predator behaviour in tadpoles by environmental conditioning. *Journal of Animal Ecology*, 61: 353-360.
- SIH, A.; ENGLUND, G. & WOOSTER, D. 1998. Emergent impacts of multiple predators on prey. *Trends in Ecology & Evolution*, 13: 350-355.
- SIH, A. & MOORE, R.D. 1993. Delayed hatching of salamander eggs in response to enhanced larval predation risk. *The American Naturalist*, 142: 947-960.
- SKELLY, D.K. 1997. Tadpole communities: pond permanence and predation are powerful forces shaping the structure of tadpole communities. *American Scientist*, 85: 36-45.
- SKELLY, D.K. & WERNER, E.E. 1990. Behavioral and life-historical responses of larval american toads to an Odonate predator. *Ecology*, 71: 2313-2322.
- SOUSA, V.T.T.; TERESA, F.B. & ROSSA-FERES, D.C. 2011. Predation risk and jumping behavior in *Pseudopaludicola* aff. *falcipes* tadpoles. *Behavioral Ecology*, 22: 940-946.
- SOUZA, L.O.I.; COSTA, J.M. & OLDRINI, B.B. 2007. Odonata. *In: Guia on-line: Identificação de larvas de insetos aquáticos do Estado de São Paulo*. Froehlich, C.G. (org). Disponível em: <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>.
- TAKAHARA, T.; KOHMATSU, Y.; MARUYAMA, A.; DOI, H.; YAMANAKA, H. & YAMAOKA, R. 2012. Inducible defense behavior of an anuran tadpole: cue-detection range and cue types used against predator. *Behavioral Ecology*, 23: 863-868.
- TOUCHON, J.C. & WARKENTIN, K.M. 2008. Fish and dragonfly nymph predators induce opposite shifts in color and morphology of tadpoles. *Oikos*, 117: 634-640.

- VALEIX, M.; LOVERIDGE, A.J.; CHAMAILLE´-JAMMES, S.; DAVIDSON, Z.; MURINDAGOMO, F.; FRITZ, H. & MACDONALD, D.W. 2009. Behavioral adjustments of african herbivores to predation risk by lions: spatiotemporal variations influence habitat use. *Ecology*, 90: 23-30.
- VAN BUSKIRK, J. 2001. Specific induced responses to different predator species in anuran larvae. *Journal of Evolutionary Biology*, 14: 482-489.
- VAN BUSKIRK, J. 2002. Phenotypic lability and the evolution of predator-induced plasticity in tadpoles. *Evolution*, 56: 361-370.
- VAN BUSKIRK, J. & ARIOLI, M. 2005. Habitat specialization and adaptive phenotypic divergence of anuran populations. *Journal of Evolutionary Biology*, 18: 596-608.
- VASCONCELOS, T.S.; SANTOS, T.G.; ROSSA-FERES, D.C. & HADDAD, C.F.B. 2011. Spatial and temporal distribution of tadpole assemblages (Amphibia, Anura) in a seasonal dry tropical forest of southeastern Brazil. *Hydrobiologia*, 673: 93-104.
- VENESKY, M.D.; ROSSA-FERES, D.C.; NOMURA, F.; ANDRADE, G.V.; PEZZUTI, T.L.; SOUSA, V.T.T.; ANDERSON, C.V. & WASSERSUG, R.J. 2013. Comparative feeding kinematics of tropical hylid tadpoles. *The Journal of Experimental Biology*, 216: 1928-1937.
- WAHLE, R.A. 1992. Body size dependent anti-predator mechanisms of the american lobster. *Oikos*, 65: 52-60.
- WASSERSUG, R.J. 1989. Locomotion in Amphibian Larvae (or "Why Aren't Tadpoles Built Like Fishes?"). *American Zoologist*, 29: 65-84.
- WATKINS, T.B. 1996. Predator-mediated selection on burst swimming performance in tadpoles of the pacific tree frog, *Pseudacris regilla*. *Physiological Zoology*, 69: 154-167.
- WERNER, E.E. 1991. Nonlethal effects of a predator on competitive interactions between two anuran larvae. *Ecology*, 72: 1709-1720.
- WERNER, E.E. & ANHOLT, B.R. 1993. Ecological consequences of the trade-off between growth and mortality rates mediated by foraging activity. *The American Naturalist*, 142: 242-272.
- WILBUR, H.M. 1980. Complex life cycles. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 11: 67-93.
- ZUUR, A.; LENO, E.N.; WALKER, N.; SAVELIEV, A.A. & SMITH, G.M. 2009. Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R. New York, Springer-Verlag, 574 p.