



QUANTO MAIS MELHOR? EFEITO DA DENSIDADE NO COMPORTAMENTO DE AGREGAÇÃO DE GIRINOS DE *RHINELLA ORNATA* (AMPHIBIA, BUFONIDAE)

Hamanda Badona Cavalheri

INTRODUÇÃO

O comportamento de agregação entre co-específicos pode permitir aos indivíduos reduzir a taxa de mortalidade associada à predação (Wrona & Dixon, 1991). Dois benefícios decorrentes da agregação contra predadores são bem conhecidos: o efeito de confusão e o efeito de diluição (Wrona & Dixon, 1991; Uetz *et al.*, 2002). O efeito de confusão ocorre pela dispersão desordenada dos indivíduos, confundindo o predador, enquanto o efeito de diluição ocorre pela diminuição da chance de cada indivíduo ser predado e aumenta proporcionalmente ao tamanho do agregado (Wrona & Dixon, 1991; Uetz *et al.*, 2002). Outro benefício decorrente da agregação é o chamado efeito geométrico (Hamilton, 1991) e ocorre quando indivíduos posicionados no centro do agregado têm menores chances de serem predados que os indivíduos posicionados na borda. Além disso, a probabilidade de se detectar os predadores é maior quando se vive em agrupamentos (Maier, 1998). No entanto, viver em agregados pode aumentar a competição por alimento e representar um alvo químico e visual mais conspicuo para predadores.

Existe um modelo que descreve o efeito da densidade do agregado sobre a taxa de predação (Sillén-Tullberg & Leimar, 1988), mostrando que a chance individual de predação diminui conforme aumenta o número de indivíduos agregados. Como indivíduos agregados podem ser mais facilmente encontrados por predadores, os agregados somente representam uma proteção efetiva a partir de uma certa densidade (Ruxton *et al.*, 2004). Watt *et al.* (1997) mostraram em girinos de *Bufo bufo* que o ataque dos predadores aumenta conforme o aumento do número de girinos agregados, mas a taxa de ataque por indivíduo diminui (Wells, 2007).

As espécies do gênero *Rhinella* (Amphibia, Bufonidae) são impalatáveis e possuem coloração aposemática (Eterovick, 2000). Além disso, habitam poças permanentes ou temporárias e são encontrados isolados ou agregados. Os agregados podem ser pequenos, compostos por algumas dezenas de indivíduos, ou grandes, compostos por

centenas (G. Machado, *com. pess.*). Visando compreender quais fatores influenciam a formação de agregados em girinos de *Rhinella ornata*, o objetivo deste trabalho foi testar se há uma relação direta entre a probabilidade de um indivíduo isolado se unir a um agregado aumenta e o número de indivíduos presentes no mesmo.

MATERIAL & MÉTODOS

Utilizei 100 girinos de *R. ornata* coletados em uma poça marginal ao rio Guarauzinho, na Estação Ecológica Juréia-Itatins (24°32'S 47°15'W), litoral sul do estado de São Paulo. Todos os girinos pertenciam a um mesmo agregado.

Realizei três experimentos de escolha para testar a hipótese de que girinos isolados exibem comportamento de agregação com maior frequência conforme aumenta a densidade do agregado. O tamanho dos agregados testados foi de 20, 40 e 60 indivíduos, cada um deles representando um dos três experimentos. Fiz 20 réplicas para cada tamanho de agregado e usei um indivíduo focal diferente para cada réplica. A previsão é que o número de girinos que se juntam ao agregado seja maior no experimento com 60 girinos do que nos experimentos com agregados de 20 e 40 girinos. Utilizei uma bandeja (39 x 36 x 7 cm) com 1 cm de substrato arenoso e 2 cm de água provenientes do mesmo rio onde coletei os girinos e em cada réplica troquei a água e substrato. Usei uma rede de voal para fazer uma bolsa que aprisionasse os girinos, mas os deixasse visíveis e permitisse a passagem de sinais químicos. Em uma extremidade da bandeja coloquei apenas um girino nessa bolsa e na outra extremidade os agregados a serem testados. Para todas as réplicas mantive os indivíduos agregados e o indivíduo isolado por 5 min em aclimatação. Já os indivíduos focais ficaram em outra bandeja com água e substrato. Então, coloquei o indivíduo focal no centro da bandeja e observei por 15 min. Em todos os experimentos considerei como resposta positiva à agregação

quando o indivíduo focal se posicionava em contato direto com o agregado.

Padronizei os resultados dos experimentos como uma variável binária, considerando 1 quando os indivíduos se juntavam ao agregado (resposta positiva) e 0 quando os girinos não se agregavam (resposta negativa). Depois, calculei a diferença entre a soma de respostas positivas entre os experimentos dois a dois (estatística de interesse). Em seguida, para gerar a distribuição da estatística de interesse sob a hipótese nula de não haver diferença no número de respostas positivas, usei o procedimento de permutação ao acaso entre as réplicas dos experimentos em comparação (10.000 simulações). Por fim, contei a diferença observada entre as somas e dividi o número de valores encontrados pelo número de permutações, a fim de determinar a probabilidade do valor obtido ser encontrado ao acaso. Adotei um α crítico de 0,01 obtido pela correção de Bonferroni.

Para testar se os indivíduos focais estavam simplesmente se refugiando sob a bolsa de voal em busca de abrigo fiz um experimento de 20 réplicas seguindo o mesmo preparo que o primeiro experimento. No entanto, substituí os agregados de girinos por pedras embrulhadas também em voal.

Para testar se a resposta a um agregado se mantinha constante em cada indivíduo focal, repeti o delineamento do primeiro experimento de escolha (girino isolado vs. grupo de 20 girinos) 24h após a realização do primeiro experimento, com os mesmos indivíduos focais. Defini um índice de concordância entre os comportamentos observados nos dois experimentos, categorizando como 1 a repetição de comportamento (agregação nos dois experimentos ou não agregação nos dois experimentos) e 0 a exibição de comportamentos distintos. O índice de concordância, portanto, é a soma de repetições de comportamento dividido pelo número de réplicas (20). Utilizei como estatística de interesse o índice de concordância. Em seguida, para gerar a distribuição dessa estatística de interesse sob a hipótese nula do comportamento não ser fixo aos indivíduos, usei o procedimento de permutação ao acaso (10.000 simulações) entre os índices de concordância dos dois experimentos. Por fim, contei a diferença observada entre os índices de concordância e dividi pelo número de permutações, determinando, assim, a probabilidade do valor obtido ser encontrado ao acaso.

RESULTADOS

Nos experimentos com agregados de 20 girinos e 40 girinos, 55% dos indivíduos focais se agregaram.

Já no experimento com agregados de 60, apenas 35% se agregaram. Os girinos de *R. ornata* não seguiram um padrão de agregação dependente de densidade. Não houve diferença significativa entre os experimentos com agregados de 20 girinos e 40 girinos ($p = 0,63$), 20 e 60 ($p = 0,17$), e 40 e 60 ($p = 0,17$). Além disso, o experimento com substituição dos girinos por pedras mostrou que o estímulo de agregação não ocorre devido à busca de abrigo. Dos 20 indivíduos observados, apenas dois se juntaram às pedras.

O comportamento de agregação não se manteve fixo no mesmo indivíduo. Do total de indivíduos avaliados, 60% dos girinos repetiram o mesmo comportamento nos dois experimentos ($p = 0,32$).

DISCUSSÃO

A hipótese de que girinos de *R. ornata* formam agregados dependentes de densidade não foi corroborada, sugerindo que a densidade não é um fator de escolha determinante para agregação. No entanto, o experimento com pedras mostrou que os indivíduos são capazes de reconhecer a proximidade de co-específicos, apesar de nem sempre se agregarem a eles. A detecção de co-específicos pode ocorrer pelo reconhecimento de sinais químicos (Wells, 2007). Assim, outros fatores que não a densidade do agregado devem influenciar na preferência pela agregação ou não.

A formação de agregados pode ocorrer devido à atração de diversos indivíduos a um mesmo local, devido a variações no ambiente, como, por exemplo, disponibilidade de alimento (Wells, 2007). Em poças temporárias onde o alimento é escasso, os distúrbios gerados pela atividade coletiva dos indivíduos podem suspender sedimentos, que facilitam a aquisição de alimento pelos girinos (Eterovick, 2000; Wells, 2007). A atividade do agregado, então, pode deixar mais alimento disponível no local e atrair mais indivíduos para o agregado (Wells, 2007). Entretanto, em grandes agregados, a competição por alimento pode ser alta. O aumento na densidade do agregado, frequentemente, leva a uma queda no crescimento individual devido à competição por recursos (Wells, 2007). Dessa forma, o forrageio individual pode ser mais vantajoso que o forrageio em agregados grandes. Assim, os organismos que compõem agregados podem apresentar flexibilidade no comportamento de agregação de acordo com os custos e benefícios que a agregação gera (Krebs & Davies, 1993; Gyssels & Stoks, 2005).

O risco de predação pode influenciar na escolha do indivíduo de se juntar ou não a um agregado. Se o risco de predação diminui, os girinos podem investir

no forrageio individual e evitar a competição por alimento (Gyssels & Stoks, 2005). Quando o risco de predação se torna iminente e os girinos detectam sinais químicos no ambiente que sinalizam a presença do predador, eles podem se agregar como forma de diminuir o risco de serem predados (Perotti *et al.*, 2006). No entanto, seguindo o modelo proposto por Sillén-Tullberg & Leimar (1988), o tamanho do agregado influencia o efeito de diluição. Dessa forma, pode ser mais vantajoso se juntar a agregados maiores quando existe um risco de predação do que permanecer isolado ou se unir a agregados menores.

A agregação de girinos de *R. ornata*, portanto, pode ser estimulada por diferentes fatores, como disponibilidade de alimento, competição e risco de predação. No entanto, o tamanho do agregado formado pode variar devido à relação custo/benefício que o comportamento de agregação pode gerar. Estudos futuros podem ajudar a definir quais os estímulos que podem estar influenciando a densidade da agregação tanto em situações de exposição a predadores quanto na ausência de potenciais predadores.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à coordenação, professores, monitores e colegas do Curso de Campo de Ecologia da Mata Atlântica 2010. Especialmente, ao Marquinhos, Seu Benedito, Thais e Paulo pelo auxílio em campo e a Alessandra pela ajuda com os experimentos. Agradeço também à Joyce, Gustavo, Dani, Maurício e Miguel pela ajuda com as análises estatísticas, referências e revisões. Marie Claire, Paulo Inácio, Glauco, Marcel e Ernesto pelas dicas e sugestões.

REFERÊNCIAS

Eterovick, P.C. 2000. Effects of aggregation on feeding of *Bufo crucifer* tadpoles (Anura, Bufonidae). *Copeia*, 1: 210-215.

Gyssels, F.G.M. & R. Stoks. 2005. Threat-sensitive responses to predator attacks in a damselfly. *Ethology*, 111: 411-423.

Hamilton, W.D. 1991. Geometry for the selfish herd. *Journal of Theoretical Biology*, 31: 295-311.

Krebs, J.R. & N.B. Davies. 1993. *An introduction to behavioural ecology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Maier, R. 1998. *Comparative animal behavior: an evolutionary and ecological approach*. Loyola University of Chicago, Chicago.

Perotti, M.G.; L.A. Fitzgerald; L. Moreno & M. Pueta. 2006. Behavioral responses of *Bufo arenarum*; tadpoles to odonate naiad predation. *Herpetological Conservation and Biology*, 1: 117-120.

Ruxton, G.D.; T.N. Sherratt & M.P. Speed. 2004. *Avoiding attack: the evolutionary ecology of crypsis, warning signals, and mimicry*. Oxford University Press, Oxford.

Sillén-Tullberg, B. & O. Leimar. 1988. The evolution of gregariousness in distasteful insects as a defense against predators. *The American Naturalist*, 132: 723-734.

Uetz, G.W.; J. Boyle; C.S. Hieber & R.S. Wilcox. 2002. Antipredator benefits of group living in colonial web-building spiders: the 'early warning' effect. *Animal Behaviour*, 63: 445-452.

Watt, P. J.; S. F. Nottingham & S. Young. 1997. Toad tadpole aggregation behaviour: evidence for a predator avoidance function. *Animal Behavior*, 54:86572.

Wells, K.D. 2007. *The ecology and behavior of amphibians*. The University of Chicago, Chicago.

Wrona, F.J. & R.W.J. Dixon. 1991. Group size and predation risk: a field analysis of encounter and dilution effects. *The American Naturalist*, 137: 186-201.