

FAMINTAS DE MANHÃ: ATIVAÇÃO DAS ARMADILHAS DE FORMIGA-LEÃO (NEUROPTERA: MYRMELEONTIDAE) É MAIOR DE MANHÃ DO QUE À TARDE

Caroline Yassuko Hazama Zeferini ¹
Thiago da Silva Nervo ^{2,3}
Glenda Akimi Oliveira Nascimento Ota ^{2,4}
Gabriela Moura Fontana ^{2,5}

RESUMO: Os animais são selecionados para tomar decisões que maximizem sua aptidão, como o ganho de energia líquida. Esse princípio é descrito pela teoria do forrageamento ótimo, que teve suas primeiras aplicações no estudo das interações predador-presa. As decisões do predador na escolha de presas dependem dos custos e ganhos de energia relacionados às características das presas. Para entender quais fatores estão relacionados com a escolha de presas pelo predador, usamos como modelo as larvas de formiga-leão. Durante sua fase larval, a formiga-leão constrói armadilhas de queda cônicas no substrato, que são ativadas pela aproximação das presas. Nossos objetivos foram avaliar se a ativação das armadilhas varia no decorrer do dia, se o tamanho da presa influencia a ativação das armadilhas, e se o tamanho da presa influencia o sucesso de predação. Amostramos 38 armadilhas durante a manhã e à tarde, e utilizamos presas pequenas e grandes para avaliar a taxa de ativação da armadilha e a predação. De manhã, a frequência de ativação das armadilhas foi maior, o que pode ser explicado pelo aumento da saciedade ao longo do dia. O tamanho da presa não influenciou a ativação das armadilhas e não influenciou o sucesso de predação, como havíamos predito. Apesar da detecção da diminuição da ativação das armadilhas no decorrer do dia, outros fatores podem estar afetando a ativação das armadilhas e o sucesso de predação das larvas de formiga-leão.

PALAVRAS-CHAVE: Estratégias de predação; Escolha de presas; Sucesso de predação; Teoria do Forrageamento Ótimo.

HUNGRY IN THE MORNING: ANT-LION TRAP ACTIVATION (NEUROPTERA: MYRMELEONTIDAE) IS HIGHER IN THE MORNING THAN IN THE AFTERNOON

ABSTRACT: Animals are selected to make decisions that optimize their fitness, often through maximizing net energy gain. This concept is central to optimal foraging theory, which informs our understanding of predator-prey dynamics. Predator foraging decisions are theorized to be influenced by the energy costs and benefits associated with prey attributes. To explore factors influencing predator prey choice, we investigated antlion larvae as a model. These larvae construct conical pitfall traps in the substrate during their larval stage, which are triggered by prey. Our study aimed to determine whether trap activation varies diurnally, whether prey size affects trap activation, and if prey size influences predation success. We observed 38 traps during the morning and afternoon, using various prey sizes to measure activation rates and predation success. Morning sessions showed increased trap activation, possibly due to lower satiety levels. Contrary to our predictions, prey size did not significantly impact trap activation or predation success. While our results suggest a diurnal pattern in trap activation, other factors may also influence antlion larval trap activation and predation success.

KEYWORDS: Optimal Foraging Theory; Predation strategies; Predation success; Prey selection.

¹ Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, Universidade Federal de Goiás. Avenida Esperança s/n, Campus Samambaia, CEP 74690-600, Goiânia – GO, Brasil. carolineyassuko@gmail.com

² Graduação em Ciências Biológicas, Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

³ thiagonervo@gmail.com

⁴ glenda.otta@gmail.com

⁵ gabrielamouraf3@gmail.com

INTRODUÇÃO

De acordo com a teoria do forrageamento ótimo, durante o forrageamento, os animais tomam decisões para maximizar sua aptidão, como o ganho de energia líquida (Stephens, 2008). Os primeiros modelos dessa teoria foram aplicados à predação para entender as dinâmicas das interações predador-presa (Pyke, 2010). As decisões do predador, sobre quais presas atacar, dependem dos custos e ganhos de energia envolvidos, uma vez que as características das presas podem afetar o ganho de energia do predador (Prosnier *et al.*, 2020; Prokopenko *et al.*, 2022). A predação é uma interação ecológica onde o predador caça e se alimenta de outra espécie, a presa (Gotelli & Ellison, 2011). Essa interação tem forte papel na regulação de populações, sendo associada a regulação tanto da presa quanto do predador, mantendo o sistema em equilíbrio (Levin, 1970).

Neste contexto, a formiga-leão (Neuroptera: Myrmeleontidae) apresenta uma estratégia de predação através da construção armadilhas de queda em sua fase larval. A larva elabora uma estrutura cônica em terrenos arenosos e aguarda no fundo que a presa caia. Estas larvas se alimentam de uma variedade de pequenos artrópodes, principalmente de formigas, devido à sua abundância (Camargo, 2011). O tamanho da presa afeta a ativação das armadilhas, sendo que presas maiores podem reduzir a ativação das armadilhas (Humeau *et al.*, 2015). Por outro lado, presas menores podem ter maior sucesso de fuga (Humeau *et al.*, 2015). Apesar destes fatores, presas muito grandes podem fugir da armadilha com mais facilidade e presas muito pequenas podem ser difíceis de capturar. Portanto, deve existir uma faixa ótima para o tamanho da presa em relação à ativação das armadilhas e o sucesso de captura pela formiga-leão (Humeau *et al.*, 2015).

O objetivo geral deste estudo foi investigar a interação presa-predador das larvas de formiga-leão. Os objetivos específicos foram avaliar: (1) se a ativação das armadilhas varia ao decorrer do dia, (2) se o tamanho da presa influencia a ativação das armadilhas, e (3) se o tamanho da presa influencia o sucesso de predação. Esperamos que (1) a ativação das armadilhas seja maior de manhã, porque à tarde as larvas estariam mais saciadas; (2) as formigas maiores ativem mais as armadilhas, de modo que seu maior peso pode aumentar a percepção do predador; e (3) o sucesso de predação seja maior com presas menores, porque a formiga-leão gastaria menos energia do que tentando preda formigas maiores.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado na Estação Ecológica Serra das Araras, uma unidade de conservação (UC) federal com 27.159,71 hectares de Cerrado, na região sudoeste de Mato Grosso, próximo a cidade de Cáceres e Porto Estrela (15° 39' 8.87"S 57° 12' 52.57"W) (Figura 1). A UC possui um relevo com diversas serras que formam um grande corredor com aproximadamente 400 km de comprimento e 40 km de largura, que percorre desde a região do Pantanal de Cáceres até o município de Paranatinga. Possui um clima megatérmico sazonal, com a época de seca sendo de maio a setembro e de chuva de outubro a abril (Ross, 1991).

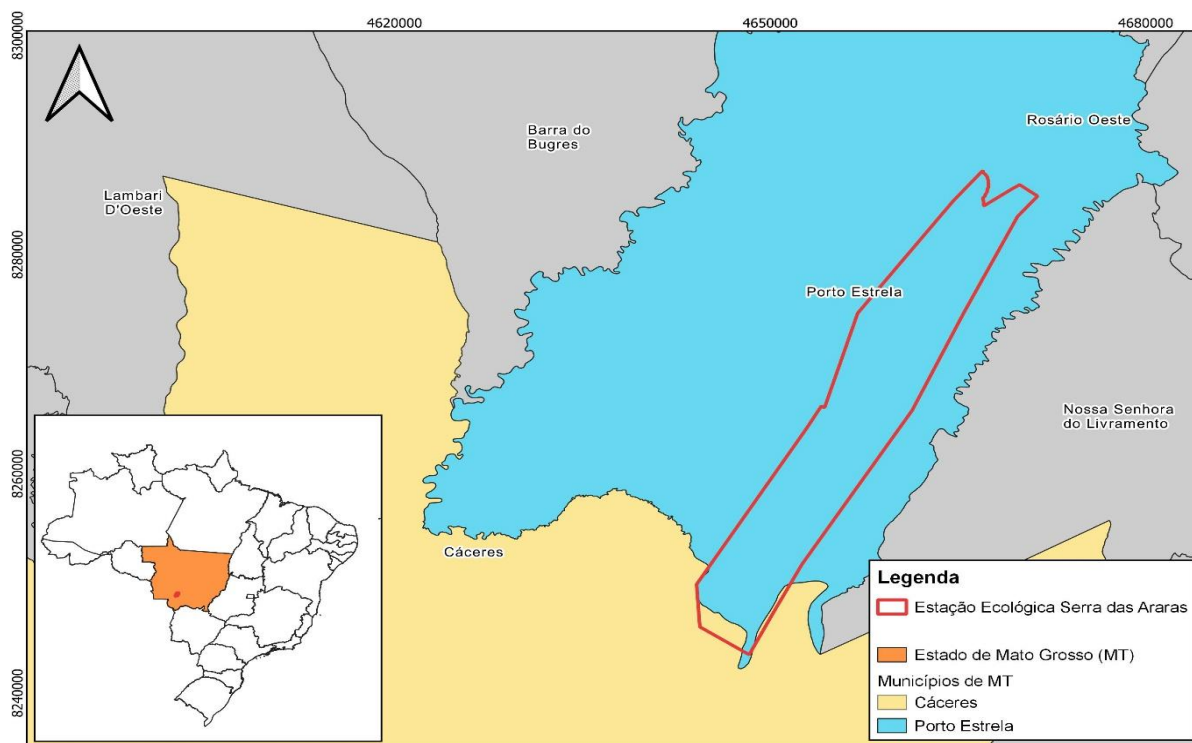


FIGURA 1. Localização da ESEC da Serra das Araras no município de Cáceres e Porto Estrela ($15^{\circ}39'8,87''S$; $57^{\circ}12'52,57''W$ (Fonte: Autoria Própria, 2023).

Coleta de dados

Para avaliar se a ativação das armadilhas varia ao decorrer do dia e conforme o tamanho da presa, amostramos 43 armadilhas individuais das quais 5 estavam sem ocupação (Figura 2-A). Dentre as 38 armadilhas com ocupação, 19 foram amostradas durante a manhã (entre 8h30min e 11h) e 19 durante a tarde (entre 14h30min e 17h), para garantir uma amostragem balanceada. Selecionamos formigas pequenas (3mm) e grandes (15 mm) que estavam forrageando na área de estudo para estimular a ativação da armadilha. Após a detecção de uma armadilha, selecionamos uma presa (formiga pequena ou grande) (Figura 2-B e C) para soltura na armadilha, e esperamos até 1min30s para a ativação da armadilha (resposta). Após a presença de resposta, avaliamos a ocorrência de predação. No caso de ausência de resposta, checamos a ocupação da armadilha pela formiga-leão. Para isso, assoprmos o centro da armadilha por alguns segundos até expor o local onde a formiga-leão se posiciona.



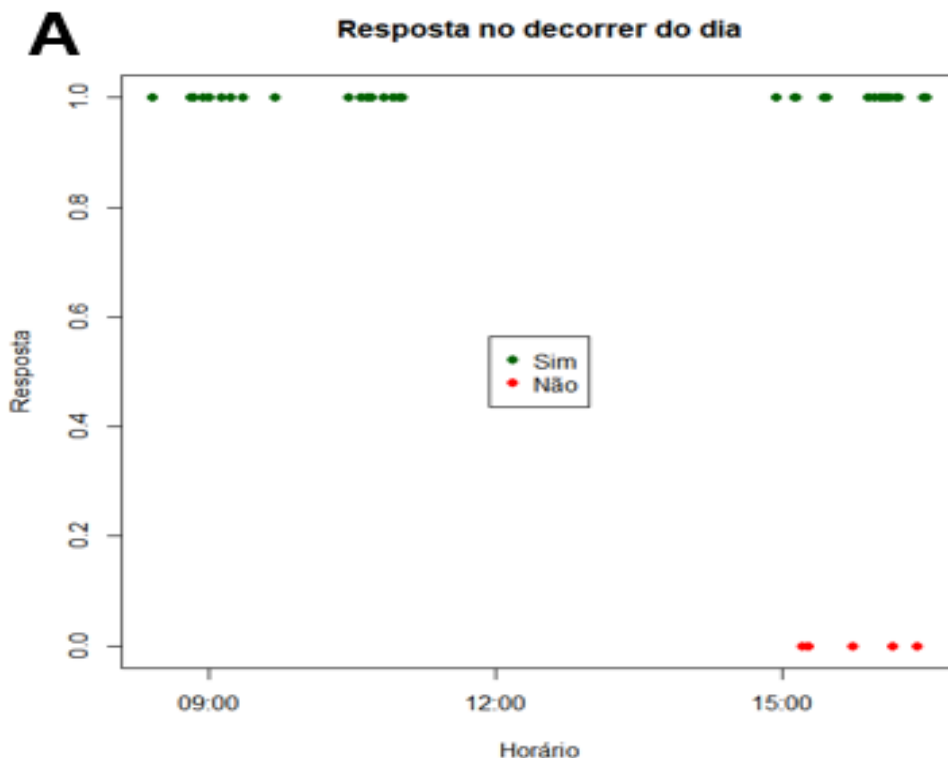
FIGURA 2. Armadilhas de queda de larvas de formiga-leão (A) e representação do tamanho das presas na mesma escala, sendo (B) uma formiga grande e (C) uma formiga pequena.

Análise de dados

Para avaliar a relação entre ativação das armadilhas e período do dia e tamanho da presa, fizemos análises visuais através de gráficos de dispersão e gráficos de barras. Construímos três tabelas de contingência (2x2): (1) ativação das armadilhas vs. período do dia; (2) ativação das armadilhas vs. tamanho da presa; e (3) predação vs. tamanho da presa. Nas tabelas de contingência 1 e 3, havia valores menores do que 5, por isso utilizamos o teste exato de Fisher ($P < 0,05$) com a função “fisher.test” do pacote “stats” (R Core Team, 2021). Para avaliar se o sucesso de predação variou conforme o tamanho da presa, realizamos o teste de qui-quadrado ($P < 0,05$) com a função “chisq.test” do pacote “stats”.

RESULTADOS

Durante a manhã, a resposta de ativação das formigas-leão foi significativamente mais frequente ($P=0.05$) em relação ao período da tarde (100% e 73,68%, respectivamente) (Figura 3-A). Formigas pequenas e grandes ativaram as armadilhas quase que na mesma proporção (84,21% e 89,47%, respectivamente) (Figura 3-B). Visualmente, a predação de formigas pequenas parece maior ($n=12$, 63,16%) do que a predação de formigas grandes ($n=6$, 31,58%) (Figura 3-C). No entanto, não encontramos diferenças significativas entre a predação de formigas pequenas e grandes ($\chi^2(1, 38)=2,64$, $P=0,10$).



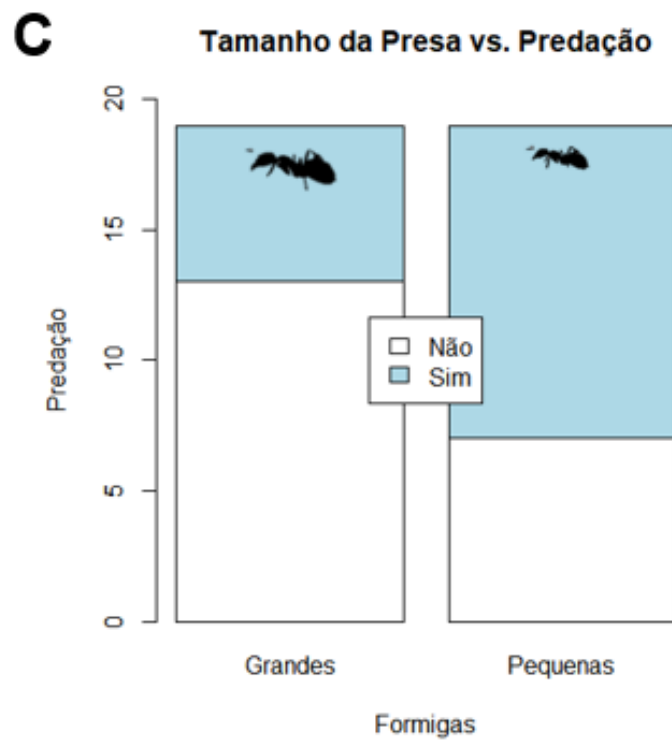
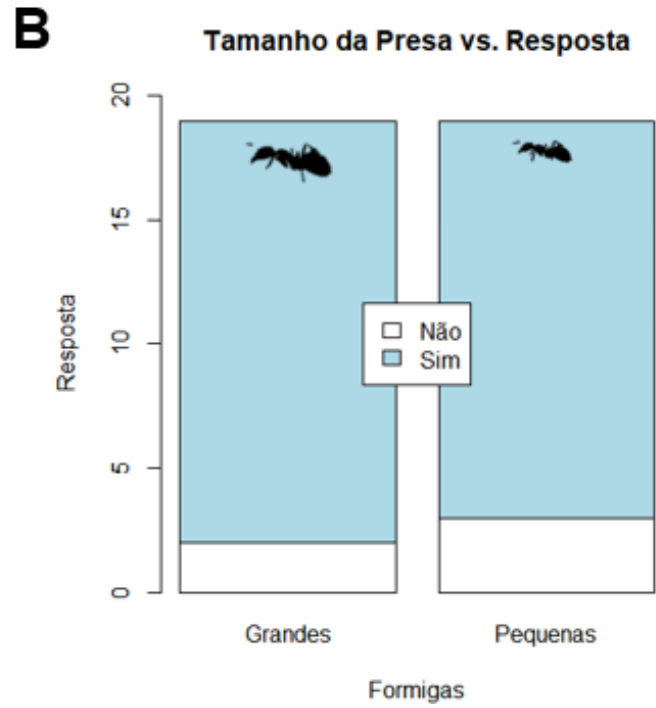


FIGURA 3. Gráficos das relações entre (A) horário e ativação/resposta das armadilhas, (B) tamanho da presa e ativação/resposta das armadilhas, e (C) tamanho da presa e predação.

DISCUSSÃO

Conforme esperamos, a frequência de ativação das armadilhas foi maior de manhã. A diminuição da resposta não está associada ao aumento da temperatura, visto que as larvas de formigas-leão são tolerantes a altas temperaturas, com uma faixa de temperatura de 13°C a 63°C (Marsh, 1987). A maior resposta de ativação durante a manhã pode ser explicada pelo aumento da saciedade das formigas-leão ao decorrer do dia, o que poderia ter causado uma diminuição na resposta. Portanto, conforme a teoria do forrageamento ótimo, o comportamento de forrageamento das larvas reduz em resposta à diminuição da necessidade de se alimentar. O tamanho da presa não influenciou a ativação das armadilhas e não influenciou o sucesso de predação, como havíamos predito. No entanto, graficamente parece haver uma tendência de preferência por formigas menores, que sofreram mais predação.

Na literatura, encontramos duas hipóteses para a preferência pelo tamanho da presa. Uma hipótese é a de preferência por presas menores, que provocam maior frequência de ativação das armadilhas, ao passo que presas muito pequenas podem ter maior sucesso de fuga. Outra hipótese é a de preferência por presas maiores, que oferecem mais recursos energéticos, acelerando o desenvolvimento das larvas de formiga-leão (Alcalay *et al.*, 2014). Apesar do maior ganho de energia bruta com a predação de presas maiores, elas têm maior sucesso de fuga (Humeau *et al.*, 2015), o que pode reduzir o ganho de energia líquida. Presas maiores podem ainda reduzir a ativação das armadilhas. Em ambos os cenários, há custos e vantagens associados ao tamanho da presa.

A ativação das armadilhas da formiga-leão ocorre como resposta a vários estímulos, incluindo a interação entre tamanho e sinais de vibração emitidos pela presa (Kuszevska *et al.*, 2016). A frequência de resposta das armadilhas pode variar conforme o tamanho da larva, sendo que larvas maiores podem reduzir a ativação das armadilhas. Com essa redução, as larvas maiores evitam o gasto de energia com tentativas de predação malsucedidas ou com presas pequenas (baixo recurso energético) (Hada *et al.*, 2017). O ajuste no comportamento pode ser explicado pela teoria de forrageio ótimo, segundo a qual as decisões de forrageamento são tomadas de modo a maximizar o ganho energético (Stephens, 2008).

Visualmente foi encontrado uma tendência de preferência por presas pequenas. De acordo com a teoria do forrageamento ótimo, o comportamento de forrageamento dos animais tem adaptações para maximizar a eficiência energética (Stephens, 2008). As larvas de formiga-leão adotam estratégias para aumentar o ganho de energia, como rejeitando presas muito pequenas (Griffiths, 1980). No entanto, a preferência por presas pequenas não foi significativa, o que sugere que outros fatores afetem o comportamento de forrageamento das larvas de formiga-leão. Outro fator que pode afetar a escolha de presas, por exemplo, é o tamanho da larva de formiga-leão, larvas menores tendem a não preda formigas grandes, uma vez que formigas maiores podem oferecer uma resistência maior a predação, aumentando o gasto energético do predador (Maragno, 2007). O sucesso de predação da formiga-leão é afetado também pelo tamanho e inclinação das paredes das armadilhas (Griffiths, 1980), de modo que armadilhas mais profundas aumentam a probabilidade de resposta pela formiga-leão e diminuem o sucesso de fuga das presas (Humeau *et al.*, 2015).

CONCLUSÃO

Neste estudo, não detectamos um padrão de maximização de ganho de energia pelas larvas de formiga-leão em relação ao tamanho da presa, o que sugere que outros fatores podem estar associados ao comportamento de forrageamento da formiga-leão do que o tamanho da presa isoladamente. Apesar disso, encontramos uma tendência de diminuição na atividade de forrageamento ao decorrer do dia, o que pode indicar uma estratégia para conservar energia após atingir a saciedade. Este resultado corrobora com a teoria do forrageamento ótimo, segundo a qual o comportamento de forrageamento dos organismos é selecionado de modo a maximizar a eficiência energética.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à professora Thais B. Zanata pela orientação no desenho do projeto e nas atividades de campo, ao doutorando Tiago V. Ferreira pelas contribuições no amadurecimento do projeto, e ao professor Jerry M. F. Penha pela revisão deste manuscrito. Agradecemos ainda à equipe do ICMBio responsável pela gestão da Estação Ecológica Serra das Araras pelo acolhimento e à Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) pelo financiamento das diárias de campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCALAY, Y. *et al.* Consequences of the instar stage for behavior in a pit-building antlion. **Behav Process.**, v. 103, p. 105-111, 2014.
- CAMARGO, R.S. **Ordem Neuroptera**. *In:* Insetos de importância econômica: guia ilustrado para identificação de famílias. FEPAF, p. 250. 2011
- GOTELLI, N.J. & ELLISON, A.M. **Princípios de Estatística em Ecologia**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. 528 p.
- GRIFFITHS, D. The feeding biology of ant-lion larvae: prey capture, handling and utilization. **Journal of Animal Ecology**, v. 49, p. 99-125, 1980.
- HUMEAU, A. *et al.* Optimal range of prey size for antlions. **Ecol. Entomol.**, v. 40, p. 776-781, 2015.
- KUSZEWSKA, K. *et al.* Larvas de formiga-leão sedentárias (Neuroptera: Myrmeleontidae) usam sinais vibracionais para modificar suas estratégias de forrageamento. **Anim. Cogn.**, v. 19, p. 1037–1041, 2016.
- LEVIN, S.A. Community balance and stability, and an extension of the competitive exclusion principle. **American Naturalist.**, v. 104, p. 413-423, 1970.
- MARAGNO, F. P. *et al.* **Forrageamento de larvas de formigas-leão (Neuroptera: Myrmeleontidae) no Pantanal do Miranda**. *In:* Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 2007.
- MARSH, A. C. Thermal responses and temperature tolerance of a desert ant-lion larva. **Journal of Thermal Biology**, v. 12, n. 4, p. 295-300, 1987.
- PROKOPENKO, C. M. *et al.* Optimal prey switching: predator foraging costs provide a mechanism for functional responses in multi-prey systems. **Ecology**, v. 104, n. 4, e3928, 2022.
- PROSNIER, L. *et al.* Evolution of predator foraging in response to prey infection favors species coexistence. **bioRxiv**, p. 1-26, 2020.
- PYKE, G. H. Optimal Foraging Theory: An Introduction. *In:* Encyclopedia of Animal Behavior. **Academic Press**, pp. 601-603. 2010.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: **R Foundation for Statistical Computing**, 2021. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 08 nov. 2023.
- ROSS, J.L.S. O contexto geotectônico e a morfogênese da província serrana de Mato Grosso. **Revista do Instituto Geológico**, v. 12, n. 1-2, p. 21-37, 1991.
- STEPHENS, D.W. **Optimal Foraging Theory**. *In:* JØRGENSEN, S. E. & FATH, B. D. (Eds.). Encyclopedia of Ecology. Academic Press, pp. 2561-2566. 2008.