

Escola Superior de Ensino do Instituto Butantan
Programa de Pós Graduação *Lato Sensu*
Especialização em Animais de Interesse em Saúde: Biologia Animal

Jéssica Ferreira de Oliveira Costa

A coloração da cauda, em serpentes do gênero *Bothrops*

São Paulo

2023

Jéssica Ferreira de Oliveira Costa

A coloração da cauda, em serpentes do gênero *Bothrops*

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Especialização em Animais de Interesse em Saúde: Biologia Animal do Programa de Pós-graduação *Lato Sensu* da Escola Superior do Instituto Butantan como requisito básico para a obtenção do título de Especialista.

Orientador: Dr. Sávio Stefanini Sant'Anna.

**São Paulo
2023**

**Catálogo na Publicação
Instituto Butantan
Dados inseridos pelo(a) aluno(a)**

Costa, Jessica Ferreira de Oliveira

A coloração da cauda, em serpentes do gênero *Bothrops*. / Jessica Ferreira de Oliveira Costa ; orientador(a) Dr. Sávio Stefanini Sant'Anna - São Paulo, 2023.

34 p. : il.

Monografia (Especialização) - Escola Superior do Instituto Butantan,
Especialização na Área da Saúde - Animais de Interesse em Saúde: Biologia Animal.

1. Engodo Caudal 2. Biofluorescência. 3. *Bothrops* I. Sant'Anna, Dr. Sávio Stefanini. II. Escola Superior do Instituto Butantan. III. Especialização na Área da Saúde - Animais de Interesse em Saúde: Biologia Animal. IV. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela equipe da Biblioteca do Instituto Butantan

AUTORIZAÇÃO PARA ACESSO E REPRODUÇÃO DE TRABALHO

Eu, Jéssica Ferreira de Oliveira Costa, aluno(a) do Curso de Especialização em Animais de Interesse em saúde: Biologia Animal, autorizo a divulgação do meu trabalho de conclusão de curso por mídia impressa, eletrônica ou qualquer outra, assim como a reprodução total deste trabalho de conclusão de curso após publicação, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte. Prazo de liberação da divulgação do trabalho de conclusão de curso após a data da avaliação:

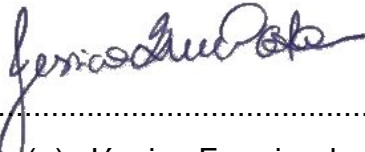
Imediato

06 meses

12 meses

Outro prazo _____ Justifique:

São Paulo, 11 de Janeiro de 2023.



.....
Aluno(a): Jéssica Ferreira de Oliveira Costa.

De acordo:.....


Orientador(a): Dr. Sávio Stefanini Sant'Anna.

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "A coloração do engodo caudal, em serpentes do gênero *Bothrops*", protocolada sob o CEUA nº 7680050922 (ID 002769), sob a responsabilidade de **Sávio Stefanini Sant'Anna e equipe; Jéssica Ferreira de Oliveira Costa; Samira Emanuela Maria Vieira; Giovanni Perez Machado da Silveira** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Instituto Butantan (CEUAIB) na reunião de 21/09/2022.

We certify that the proposal "The color of the caudal luring in snakes of the genus *Bothrops*", utilizing 16 Reptiles (males and females), protocol number CEUA 7680050922 (ID 002769), under the responsibility of **Sávio Stefanini Sant'Anna and team; Jéssica Ferreira de Oliveira Costa; Samira Emanuela Maria Vieira; Giovanni Perez Machado da Silveira** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the Butantan Institute (CEUAIB) in the meeting of 09/21/2022.

Finalidade da Proposta: [Pesquisa](#)

Vigência da Proposta: de [10/2022](#) a [10/2023](#)

Área: [Herpetologia](#)

Origem: [Laboratório de Herpetologia](#)

Espécie: [Répteis](#)

sexo: [Machos e Fêmeas](#)

idade: [0 a 5 anos](#)

N: [16](#)

Linagem: [Serpentes](#)

Peso: [15 a 500 g](#)

Local do experimento: Sala de manutenção de serpentes do Biotério do Laboratório de Herpetologia

São Paulo, 08 de dezembro de 2022



Luís Roberto de Camargo Gonçalves
Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais
Instituto Butantan



Milene Silva Tino
Vice-Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais
Instituto Butantan

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Dr. Sávio Stefanini Sant'Anna, pelo apoio, dedicação, disposição, profissionalismo e incentivo profissional.

A Dra. Kathleen Fernandes Grego, pela oportunidade e ensinamentos.

A Dra. Eliana de Oliveira Serapicos, pela didática.

Aos colaboradores do Laboratório de Herpetologia, que apoiaram este projeto e contribuíram com disposição e ensinamentos.

A todos que contribuíram, direta ou indiretamente com a minha carreira profissional.

Ao Instituto Butantan e à Escola Superior do Instituto Butantan, que me concederam esta experiência.

Por fim, a minha avó Leonina Correa, a minha mãe Simone Ferreira de Oliveira Costa, que me incentivaram a persistir no meu sonho e a minha amiga Barbara da Silva Bernardes, que muitas vezes não me deixou desistir.

“Eu sei o preço do sucesso: dedicação, trabalho duro e uma incessante
devoção às coisas que você quer que aconteçam.”

Frank Lloyd Wright

RESUMO

COSTA, Jéssica Ferreira de Oliveira. **A coloração da cauda, em serpentes do gênero *Bothrops***. 2023. 34p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em animais de interesse em saúde: Biologia Animal) - Escola Superior do Instituto Butantan, São Paulo, 2023.

As serpentes são animais vertebrados com corpos alongados e com diferentes táticas de defesa e alimentação. Uma dessas técnicas de alimentação é o engodo caudal, presente no gênero *Bothrops*. O objetivo deste estudo, foi quantificar a porcentagem de machos e fêmeas que possuem a coloração da cauda diferenciada na ninhada, e analisar a tonalidade desta coloração para filhotes das espécies *Bothrops atrox*, *B. jararaca*, *B. moojeni* e *B. neuwiedi*. Para isso, foram utilizados dados de filhotes destas espécies que caracterizamos com as colorações I, II, III, IV e V, sendo que I é mais clara e o V a mais escura. Foi realizada a padronização da coloração caudal e fotos da biofluorescência do engodo caudal. Os anfíbios que são animais que fazem parte da dieta dos filhotes de *Bothrops*, estes anfíbios, possuem cones que permitem que enxerguem a luz ultravioleta. A quantidade de indivíduos, que nascem com coloração mais clara, pode variar de espécie para espécie do gênero *Bothrops*. Os resultados foram apresentados em gráficos que demonstraram o número significativo de machos e fêmeas que nasceram com coloração caudal clara. A análise estatística, mostrou que o sexo foi significativo para a coloração da cauda em *Bothrops moojeni*, enquanto, que nas outras espécies estudadas não foi significativo. Indivíduos das espécies de *Bothrops atrox*, *B. jararaca*, *B. moojeni* e *B. neuwiedi*, com tonalidade I e II que são mais claras apresentaram a biofluorescência, mas os indivíduos que apresentaram tonalidades mais escuras, não apresentaram biofluorescência. Foi interessante observar a presença ou ausência de fluorescência nas caudas das serpentes.

Palavras-chave: Engodo caudal. Biofluorescência. *Bothrops*.

ABSTRACT

COSTA, Jéssica Ferreira de Oliveira. **The color of the cauda in snakes of the genus *Bothrops***. 2023. 34 p. Monograph (Specialist in animals of interest in health: Animal Biology) - Escola Superior do Instituto Butantan, São Paulo, 2023.

Snakes are vertebrate animals with elongated bodies and different defense and feeding tactics. One of these feeding techniques is the caudal bait, present in the genus *Bothrops*. The objective of this project was to quantify the percentage of males and females that have different tail coloration in the litter, and the analysis and tonality of this coloration for offspring of the species *Bothrops atrox*, *B. jararaca*, *B. moojeni* and *B. neuwiedi*. For this, we used data from offspring of these species that we characterized with colors I, II, III, IV and V, where I is lighter and V is darker. The standardization of the caudal coloration and photos of the biofluorescence of the caudal bait were performed. Amphibians that are animals that are part of the diet of *Bothrops* puppies, these amphibians, have cones that allow them to see ultraviolet light. The number of individuals, who are born with a lighter color, may vary from species to species of the genus *Bothrops*. The results were presented in graphs that demonstrated the significant number of males and females that were born with light caudal coloration. Statistical analysis showed that sex was significant for tail coloration in *Bothrops moojeni*, while in the other studied species it was not significant. Individuals of the species of *Bothrops atrox*, *B. jararaca*, *B. moojeni* and *B. neuwiedi*, with shades I and II that are lighter, showed biofluorescence, but individuals that showed darker shades did not show biofluorescence. It was interesting to observe the presence or absence of fluorescence in the snakes' tails.

Keywords: Luring caudal. Biofluorescence. *Bothrops*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Fotos de diferentes colorações (de I a V) da ponta das caudas de <i>Bothrops jararaca</i>	18
Figura 2- Indivíduo jovem de <i>Bothrops atrox</i> com coloração da cauda tipo I.....	19
Figura 3- Indivíduo jovem de <i>Bothrops moojeni</i> com coloração da cauda tipo II.....	19
Figura 4- Porcentagem de filhotes machos e fêmeas em relação à coloração das caudas.....	20
Figura 5- Perda da coloração da cauda.....	23
Figura 6- <i>Bothrops jararaca</i> , com coloração caudal tipo I.....	24
Figura 7- <i>Bothrops jararaca</i> , sob luz UV, apresentando a biofluorescência da cauda.....	24
Figura 8- <i>Bothrops moojeni</i> , com coloração da cauda tipo I.....	25
Figura 9- <i>Bothrops moojeni</i> , sob a luz UV, apresentando a biofluorescência da cauda.....	25
Figura 10- <i>Bothrops atrox</i> , enrodilhado com coloração caudal tipo I.....	26
Figura 11- Imagem com uma serpente do gênero <i>Bothrops</i> , expondo a biofluorescência em sua cauda.....	26
Figura 12- <i>Bothrops neuwiedi</i> , com coloração da cauda tipo III.....	27
Figura 13- <i>Bothrops neuwiedi</i> , sob luz UV, com coloração da cada tipo III, não apresentando biofluorescencia.....	27

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo geral.....	15
2.2 Objetivos específicos.....	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
3.1 Coleta de dados.....	16
3.2 Análise de dados.....	16
4. RESULTADOS.....	17
4.1 Padronização do escore da coloração das caudas das serpentes.....	17
4.2 O sexo e a coloração da cauda.....	20
4.3 Perda da coloração caudal.....	22
4.4 A Biofluorescência da cauda.....	24
5. DISCUSSÃO.....	29
6. CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

A morfologia das serpentes, se caracteriza por terem um corpo alongado, órgãos que acompanham o corpo paralelos ou ausentes.

A cauda de uma serpente tem funções adaptativas muito importantes. O indivíduo pode utilizar a cauda, para apoiar o seu corpo no galho de uma árvore, como ocorre com as serpentes arborícolas, que possuem a cauda preênsil, com força suficiente para se suspender em um galho. Um exemplo é a *Corallus caninus*, conhecida popularmente como cobra-papagaio (DE FRAGA *et al.*, 2013). Para a *Micrurus altirostris* (BASSI, 2016), a cauda é utilizada como defesa, pois mimetiza a cabeça, assim quando o predador atacar a “cabeça” irá na realidade subjugar a cauda, propiciando a oportunidade de fuga da serpente escapar. Também é utilizada durante as atividades de predação da espécie *Hydrodynastes gigas* que esquadriha a cauda para tirar os anuros de seus esconderijos e poder predá-los, como foi observado por Strüssmann e Sazima (1990). Outra tática de predação muito utilizada, é o uso da cauda como um engodo caudal, que é abordado neste trabalho.

O engodo caudal é uma estratégia comportamental para alimentação em algumas espécies, presente em algumas famílias de serpentes. Na família dos Viperídeos temos como exemplos as espécies *Bothrops bilineatus* e *Bothrops insularis* (GIOZZA, 2020), e a *Cerastes vipera* (HEATWOLE; DAVISON, 1976); na família dos Elapídeos temos como representantes as espécies *Acanthophis antarcticus* (CHISZAR *et al.*, 1990) e a *Acanthophis praelongus* (HAGMAN; PHILLIPS; SHINE, 2008); a *Tropidodryas striaticeps* (SAZIMA; PUORTO, 1993) nos Dipsadidae e na família Tropidophiidae temos como exemplo a espécie *Tropidophis paucisquamis* (ANTUNES; HADDAD, 2009). Quando a serpente apresenta este tipo de comportamento, a ponta da cauda tem uma coloração e/ou morfologia diferenciada do restante do seu corpo para atrair a presa. Sendo assim, é uma maneira de atrair possíveis presas, que se equivocaram ao ver a forma, coloração e movimentação da cauda, acreditando que pode ser uma presa que faz parte de sua dieta, o indivíduo se torna alimento da serpente (SMITH, 2022). Na maioria dos casos, a coloração é clara, para lembrar uma larva e atrair pequenos lagartos e

anuros. O engodo caudal normalmente é realizado por filhotes e jovens de algumas espécies de serpentes, salvo algumas exceções, em que adultos permanecem com a coloração da cauda diferenciada e continuam realizando o engodo caudal (MURPHY; CARPENTER; GILLINGHAM, 1978).

Existe uma diversificação de caudas entre espécies de serpentes, da mais simples a mais diferenciada, por exemplo, a *Acanthophis antarcticus* (HAGMAN; PHILLIPS; SHINE, 2008), uma serpente endêmica da Austrália, também chamada de cobra da morte, pertence à família Elapidae e possui um engodo caudal, que é um amarelo mais escuro, totalmente distinto do restante de seu corpo, utilizado pela cobra para a caça de anuros na sua fase juvenil (CHISZAR *et al.*, 1990). No Irã, há uma espécie, a *Pseudocerastes urarachnoides*, que possui a cauda com uma morfologia de aracnídeo, mais específico uma aranha, uma forma de mimetismo para atrair pássaros que fazem parte de sua alimentação (FATHINA, 2015). Enquanto, que localizada na Amazônia, a *Bothrops bilineatus* (GREENE; CAMPBELL, 1972), possui uma cauda com a coloração diferenciada, em sua fase jovem que permanece por toda a vida. Esta espécie utiliza o engodo caudal para emboscar anuros (DA FONSECA *et al.*, 2019). Observações sobre o engodo caudal em *B. leucurus* jovens, demonstraram que a cauda com tonalidade mais clara que o restante do corpo atrai suas presas, ou seja, pequenos anfíbios, mas quando adultos, sua alimentação se torna mais generalista, predando anfíbios, lagartos e roedores (FREITAS, 2011). Sazima, observou o comportamento de engodo caudal nas *Bothrops jararacussu* juvenis, no costão rochoso da Mata Atlântica, onde capturava a espécie rãs-da-cachoeira (*Hylodes asper*). A ponta da cauda de coloração amarelada ou branca que se sobressai ao restante do corpo, realizava movimentos ondulatórios para atrair as rãs (SAZIMA, 2006). A *Bothrops insularis*, endêmica da ilha da Queimada Grande, localizada no estado de São Paulo, Brasil, possui uma cauda de cor mais escura de seu corpo para atrair pássaros, que fazem parte de sua dieta. Essa serpente permanece com o engodo caudal da fase jovem a adulta. Outra espécie localizada na Mata Atlântica, é a *Tropidodryas striaticeps* da família Dipsadidae. Quando juvenil apresenta a cauda amarelada, coloração bem distinta do restante do corpo, e utiliza seu engodo para atrair e capturar lagartixas, que se aproximam dela (SAZIMA; PUORTO, 1993).

Hábitos alimentares, podem interferir no tamanho e na composição química do veneno de uma serpente. A ontogenia alimentar das serpentes, é definida como

o processo em que o indivíduo ao nascer, possui uma dieta e quando adulto se torna diferente. Como por exemplo, filhotes terem em sua dieta apenas anfíbios e quando adultos consumirem tanto anfíbios, quanto roedores e pequenos lagartos (TORRES, 2012). Na espécie de *Bothrops atrox* e *Bothrops jararaca*, quando filhotes, a dieta é composta de pequenos anfíbios e lagartos, quando o indivíduo chega à fase adulta, sua dieta se torna generalista. (MARTINS, 2002).

Estudos recentes demonstraram que o engodo caudal de algumas serpentes são biofluorescentes, sendo que, nestes artigos os autores utilizaram somente com algumas espécies da família Viperidae, relacionando seu sucesso alimentar a essa característica (MACNEIL, 2022). Biofluorescência é a capacidade de um animal absorver uma energia, por uma cor, como por exemplo, quando exposto a uma luz negra, a parte fluorescente do animal se torna de uma determinada cor luminescente, visível aos olhos humanos (PIERIBONE; GRUBER, 2006).

Neste trabalho, foi estudado a coloração da cauda, de ninhadas de *Bothrops jararaca*, *Bothrops neuwiedi*, *Bothrops moojeni* e *Bothrops atrox*, que nasceram no Laboratório de Herpetologia do Instituto Butantan entre os anos de 2000 e 2022.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Foram estudados e analisados os dados, da coloração das caudas, das ninhadas das espécies de *Bothrops jararaca*, *B. neuwiedi*, *B. moojeni* e *B. atrox*, do Laboratório de Herpetologia do Instituto Butantan

2.2 Objetivos específicos

- a) Quantificar a porcentagem de machos e fêmeas que possuem engodo caudal na ninhada.
- b) Diferenças na coloração das caudas entre machos e fêmeas.
- c) Verificar a biofluorescência nas caudas das serpentes que possuem uma coloração caudal clara.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada, por meio dos arquivos já presentes das ninhadas nascidas no Laboratório de Herpetologia do Instituto Butantan; as espécies analisadas foram a *Bothrops jararaca*, *B. neuwiedi*, *B. moojeni* e *B. atrox*. Houve uma verificação dos registros das ninhadas, já mencionadas, indicando se possuíam coloração da cauda diferenciada e o grau da coloração. Para indivíduos ainda vivos, verificou-se a presença ou não do engodo e a idade de cada um.

Para verificar a biofluorescência da extremidade da cauda, em uma sala com todas as luzes apagadas, cobrindo qualquer foco de luz, foi utilizado um suporte e acesa uma lâmpada UV, com uma folha de sulfite preta como base; colocamos a serpente em cima da folha e tiramos uma foto da mesma sob a luz UV., em quatro indivíduos, (1 indivíduo jovem de cada espécie), que possuíam coloração diferenciada.

3.2 Análise de dados

A análise de dados, consistiu em uma estatística de convergência, da tonalidade do engodo caudal entre machos e fêmeas, nas diversas espécies estudadas. Foi também utilizado o teste não paramétrico do qui-quadrado (X^2). Para fêmeas e machos versus a coloração da cauda, utilizou-se o esperado versus o observado.

4. RESULTADOS

Os dados de 107 ninhadas foram utilizados, 8 ninhadas com 162 indivíduos de *Bothrops atrox* (75 fêmeas e 87 machos), de *B. moojeni* foram 15 ninhadas de 301 indivíduos (130 fêmeas e 171 machos), foram 12 ninhadas de *B. neuwiedi*, sendo 87 filhotes (45 fêmeas e 42 machos) e de *B. jararaca* 72 ninhadas com 2637 indivíduos (1230 fêmeas e 1407 machos). Quando as ninhadas nasceram foram fotografadas, identificadas e registradas a tonalidade da coloração da cauda. Desses registros, foram geradas análises de porcentagem entre os machos e as fêmeas e gerado um escore da tonalidade de I a V da coloração caudal das espécies.

4.1 Padronização do escore da coloração das caudas das serpentes.

Como coloração I, possui uma tonalidade clara, chegando a ser uma cor branca, a cauda com coloração II é clara, mas a sua coloração possui pigmento amarelado, a cauda como tonalidade III, ainda tem uma coloração clara, mas com pigmentos escuros, a cauda como a coloração IV, fica com uma coloração mais escura, mas com pigmentos claros e a cauda como tonalidade V, tem uma coloração já idêntica a coloração do corpo do animal (figura 1).

Figura 1 - Fotos de diferentes colorações (de I a V) da ponta das caudas de *Bothrops jararaca*.



Coloração caudal I



Coloração caudal II



Coloração caudal III



Coloração caudal IV



Coloração caudal V

Fonte: Próprio autor, 2023

Figura 2 - Indivíduo jovem de *Bothrops atrox* com coloração da cauda tipo I.



Fonte: Próprio autor, 2023

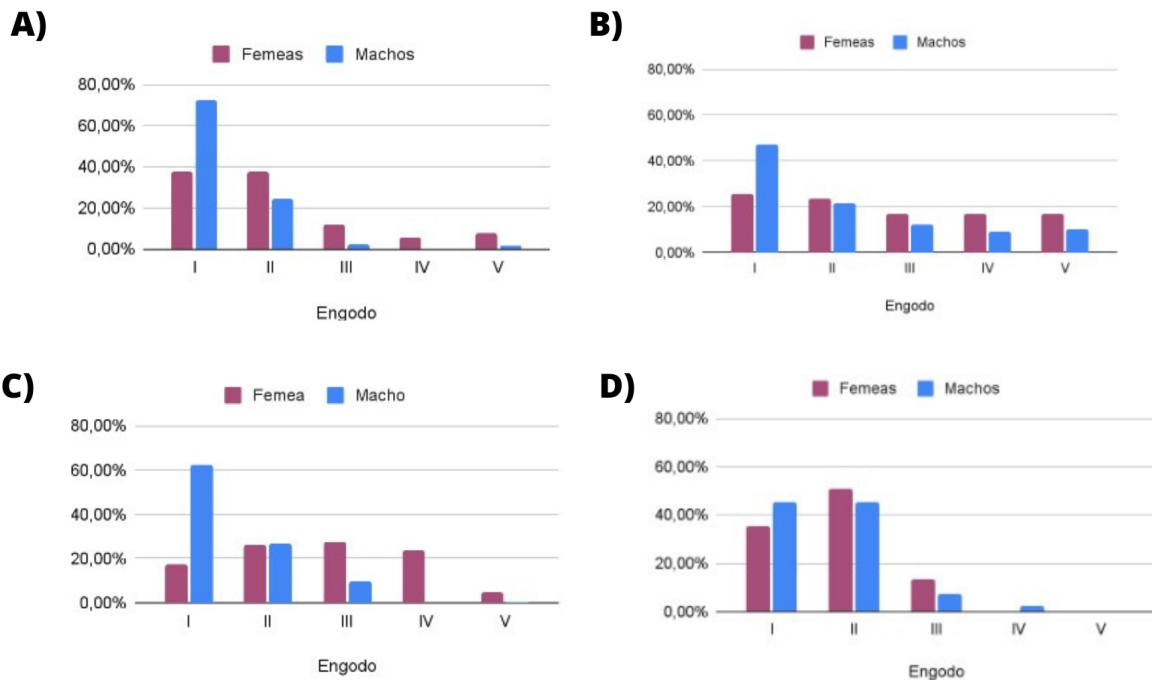
Figura 3 - Indivíduo jovem de *Bothrops moojeni* com coloração da cauda tipo II.



Fonte: Próprio autor, 2023

4.2 O sexo e a coloração da cauda

Figura 4 - Porcentagem de filhotes machos e fêmeas em relação à coloração das caudas.



Fonte: Próprio autor, 2023

Legenda: As fêmeas (vinho) e machos (azul), no eixo x, a categoria de coloração caudal. O gráfico A, refere-se a espécie *Bothrops atrox*, B é da espécie *B. jararaca*, C da espécie de *B. moojeni*, e o D a espécie de *B. neuwiedi*.

No gráfico (4A), está expresso o resultado de fêmeas e machos da espécie de *B. atrox* e qual a tonalidade caudal (I, II, III, IV ou V), notando que os machos possuem a maior porcentagem de engodo I ao nascerem, já as fêmeas ao nascer predomina-se filhotes com engodo I e II, e números menores entre engodo III, IV e V. Foram realizados testes de contingência (Tabela 1), com amostra esperada e obtido, onde *Bothrops atrox* foi significativo. No gráfico (4B), a espécie de *B. jararaca*, os machos nasceram em maior quantidade com a coloração caudal I. Embora visualmente no gráfico as fêmeas possuem uma distribuição mais equitativa, na análise estatística, o resultado do teste de contingência foi significativo também. No gráfico (4C), cuja a espécie é a *B. moojeni*, machos nasceram com coloração caudal I, fêmeas tiveram um número baixo de coloração I, com engodo II machos e fêmeas tiveram a mesma proporção, machos não

apresentaram coloração IV e V, e pelas fêmeas terem uma proporção semelhante, à análise estatística foi significativa (tabela 1). No gráfico (4D), cuja espécie em análise é a *B. neuwiedi*, o número de machos com coloração I e II foram equivalentes, já para as fêmeas, o número maior é de coloração caudal I, seguido para II, com coloração III foram poucos indivíduos, fêmeas não apresentaram coloração caudal IV e V, poucos machos apresentaram a coloração IV e não tivemos nascimentos de *B. neuwiedi* com coloração caudal V.

Tabela 1 - Foi feito um X^2 entre fêmeas e machos para cada espécie.

Espécie	Fêmeas	Machos
<i>B. atrox</i>	p= 0,0006 $X^2= 19,59$	p= 0,0001 $X^2= 69,92$
<i>B. jararaca</i>	p= 0,0002 $X^2= 21,73$	p= 0,0001 $X^2= 280,8$
<i>B. moojeni</i>	p= 0,0033 $X^2= 15,80$	p= 0,0001 $X^2= 110,4$
<i>B. neuwiedi</i>	p= 0,0001 $X^2= 26,69$	p= 0,0001 $X^2= 24,65$

Fonte: Próprio autor, 2023

Com dados comparativos entre fêmeas e machos que nasceram com a cauda clara (níveis I e II) da espécie *Bothrops atrox*, o teste de contingência com resultado esperado versus obtido, não foi significativo, machos e fêmeas nascem com a cauda clara, não havendo uma diferença sexual na coloração da cauda. O mesmo ocorreu para as espécies *B. jararaca* e *B. neuwiedi*. (tabela 2). No entanto, a espécie *Bothrops moojeni*, no resultado do teste de convergência, houve uma diferença significativa entre fêmeas e machos (p=0,00081).

Tabela 2 - Comparação entre a tonalidade I e II da cauda de fêmeas e machos, no teste de contingência.

Espécie	Fêmeas versus Machos
<i>B. atrox</i>	p= 0,3075 $X^2= 1,041$
<i>B. jararaca</i>	p= 0,2601 $X^2= 1,268$
<i>B. moojeni</i>	p= 0,0081 $X^2= 7,020$

B. neuwiedi $p= 0,8922$ $X^2= 0,018$

Fonte: Próprio autor, 2023

Legenda: Foi colocado o resultado esperado versus o obtido, entre a coloração I e II de fêmeas versus machos.

4.3 Perda da coloração caudal

Os indivíduos da espécie *Bothrops atrox* que nasceram em janeiro de 2022 e continuam vivos mostraram que a tonalidade da cauda de seis fêmeas que nasceram com a coloração da cauda com a tonalidade clara entre II e III, nove meses depois já apresentaram a coloração V (quando a coloração já está uniforme com o corpo), os dois machos que nasceram com coloração I, apenas um deles teve alteração na coloração para o engodo II e o outro permanece com a coloração I. Nos indivíduos da espécie de *Bothrops jararaca*, dentro desse período de onze meses, dos vinte indivíduos, apenas um indivíduo, uma fêmea, permaneceu com a coloração II da cauda, os outros indivíduos escureceram a coloração da cauda para nível V. Na espécie de *Bothrops neuwiedi*, havia somente três indivíduos, que nasceram com com a cauda de coloração II, e todos perderam a coloração clara. Já entre os indivíduos da espécie *Bothrops moojeni*, dentro deste período de onze meses, as fêmeas e os machos ainda estão em processo de mudança de coloração. Afirmando que, dentre estas quatro espécies, *Bothrops moojeni*, possui um período de tempo mais longo para a perda da coloração da cauda.

Figura 5 - Perda de coloração da cauda.



Fonte: Próprio autor, 2023

Legenda: Foto a esquerda de uma *Bothrops moojeni* fêmea, de fevereiro de 2022, com a coloração I do engodo caudal e a direita uma foto do mesmo indivíduo, 10 meses depois com coloração V.

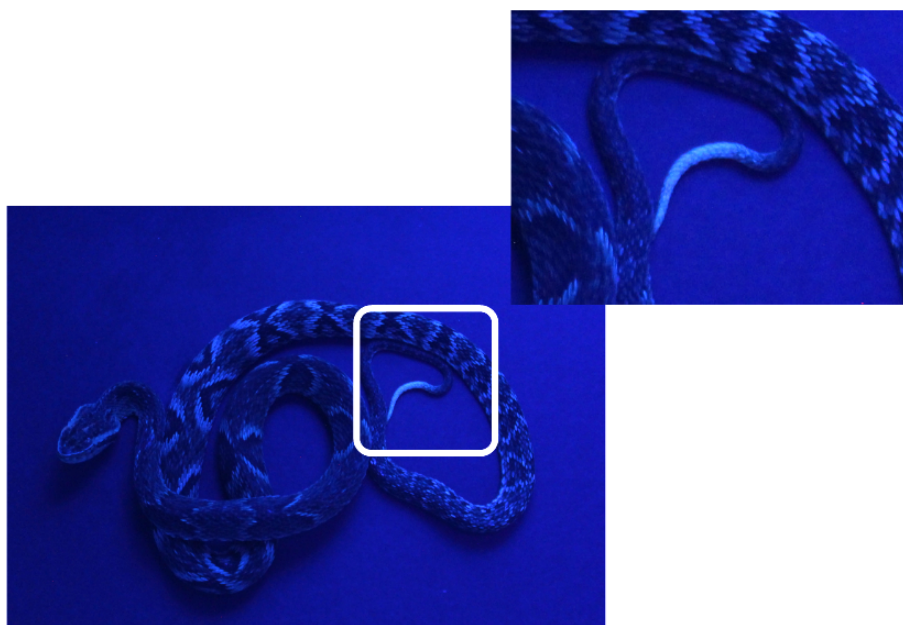
4.4 A Biofluorescência da cauda

Figura 6 - *Bothrops jararaca*, com coloração caudal tipo I.



Fonte: Próprio autor, 2023

Figura 7 - *Bothrops jararaca*, sob luz UV, apresentando a biofluorescência da cauda



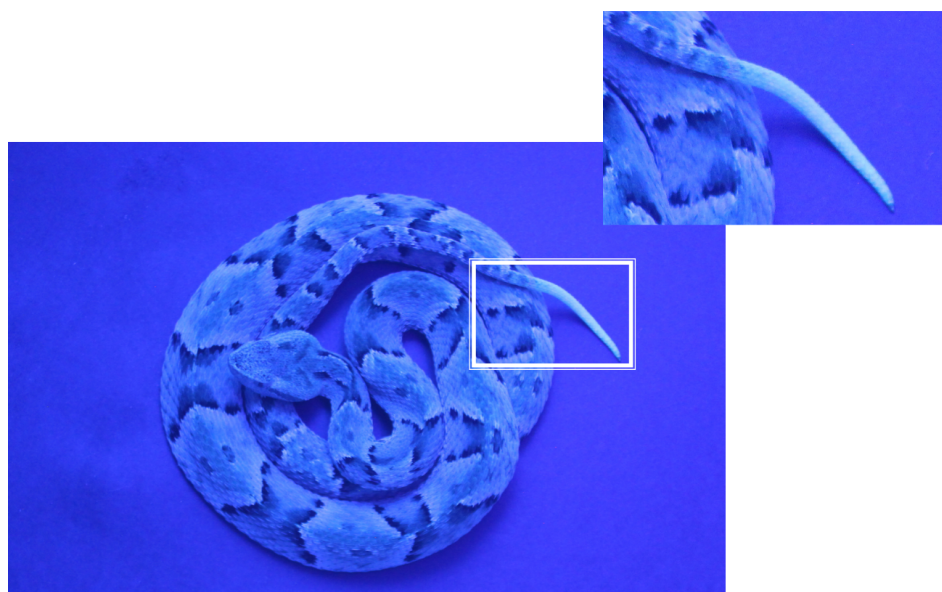
Fonte: Próprio autor, 2023

Figura 8 - *Bothrops moojeni*, com coloração da cauda tipo I.



Fonte: Próprio autor, 2023

Figura 9 - *Bothrops moojeni*, sob a luz UV, apresentando a biofluorescência da cauda.



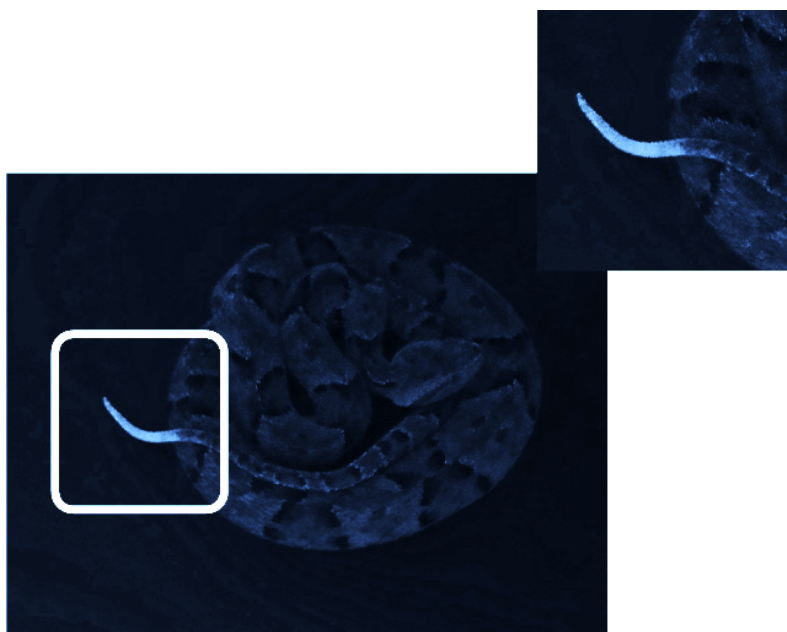
Fonte: Próprio autor, 2023

Figura 10 - *Bothrops atrox*, enrodilhado com coloração caudal tipo I.



Fonte: Próprio autor, 2023

Figura 11 - Imagem com uma serpente do *Bothrops atrox*, sob luz UV, expondo a biofluorescência em sua cauda.



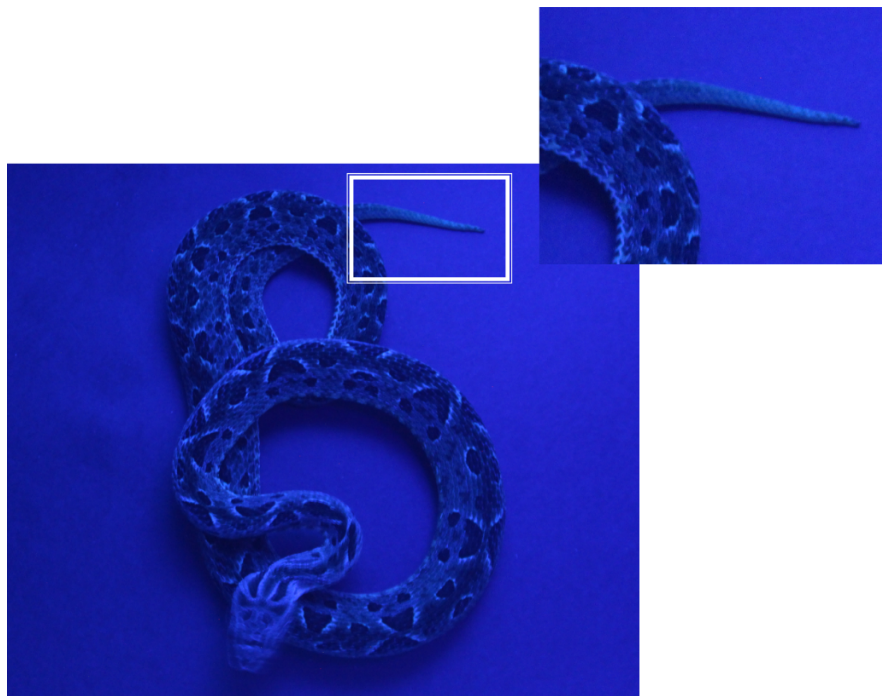
Fonte: Próprio autor, 2023

Figura 12 - *Bothrops neuwiedi*, com coloração da cauda tipo III.



Fonte: Próprio autor, 2023

Figura 13 - *Bothrops neuwiedi*, sob luz UV, com coloração da cauda tipo III, não apresentando biofluorescência.



Fonte: Próprio autor, 2023

Pesquisas recentes mostram que a coloração da ponta da cauda é biofluorescente em algumas espécies de serpentes. As figuras de 5 a 13,

comprovam a biofluorescência da coloração da ponta da cauda no gênero *Bothrops*, mas somente com as tonalidades I e II. A coloração da cauda I, a tonalidade mais clara e exposta à luz UV, assim foi notável a biofluorescência da cauda.

Nas imagens acima, são apresentadas a cauda das *B. atrox*, *B. jararaca*, *B. moojeni*, manifestando a biofluorescência, a *B. neuwiedi* não apresentou biofluorescência, a coloração da sua cauda era III, que é uma coloração com uma pigmentação mais escura, sendo assim podemos concluir que a partir do engodo III, não é manifestado a biofluorescência.

5. DISCUSSÃO

O engodo caudal é uma tática de caça utilizada por serpentes, especificado neste trabalho em *Bothrops atrox*, *Bothrops jararaca*, *Bothrops moojeni* e *Bothrops neuwiedi*.

De acordo com os dados obtidos, essas espécies possuem uma quantidade maior de indivíduos que nascem com coloração caudal clara, mas isso pode variar de espécie para espécie. Segundo os dados do trabalho, podemos concluir que a coloração mais clara (coloração I e II) é a mais comum encontrada nos recém-nascidos das espécies *Bothrops atrox*, *B. jararaca*, *B. moojeni* e *B. neuwiedi*. *Bothrops atrox*, *B. jararaca*, *B. moojeni* tem variação na dieta, mas a *B. neuwiedi* é especialista em roedores, desde jovem se alimenta deste tipo de presa. Podemos considerar a hipótese que *B. neuwiedi* tem a cauda clara, pois evolutivamente deve ter mantido esta característica ancestral, já que todas as espécies irmãs tem a cauda clara e se alimentam de anfíbios quando jovens (MARTINS, M. R. C.; MARQUES, O. A. V.; SAZIMA, 2002).

É ilustrado na árvore filogenética, que há uma proximidade entre a *Bothrops atrox* e a *Bothrops moojeni*, ambas possuem semelhanças na alimentação (MARTINS, M. R. C.; MARQUES, O. A. V.; SAZIMA, 2002). No entanto, a *B. moojeni* apresentou uma tendência maior dos machos em terem cauda clara. O que pode influenciar essa diferença? Ao surgir essa questão podemos supor que, os machos permanecem por mais tempo com a coloração da cauda clara, se alimentando de presas ectotérmicas, enquanto que as fêmeas se tornam generalistas mais rapidamente. O que podemos supor que essa diferença seria favorável para a espécie, pois diminuiria a competição por alimento.

Nos processos evolutivos é citado que a cauda é uma adaptação, utilizada como isca, para captura de presas (TORRES, 2012).

A cauda pode ter uma variação de tonalidades e ainda permanecer com essa variação, a vantagem é a cauda se assemelhar a uma larva e atrair presas. Em seu trabalho sobre a coloração caudal em filhotes, Alves; Leitão-de-Araujo; Witt (2000), destacam o movimento da cauda, os autores afirmam que os filhotes perdem a coloração clara, com o seu crescimento, salvo alguns jovens que podem continuar com uma coloração caudal clara. A partir dos resultados apresentados,

novas questões podem ser estudadas futuramente, como por exemplo: Por que a cauda de machos de moojeni tem uma tendência a nascer mais em indivíduos machos com cauda clara do que fêmeas? O que pode ter acontecido é que os machos permanecem por mais tempo se alimentando de anfíbios, para que não haja competição por alimento.

Nos artigos de Freitas (2011); Martins, Marques e Sazima (2002), sobre a alimentação especializada do grupo *Bothrops*, as espécies que possuem o engodo caudal, e a cauda com uma coloração clara possuem uma dieta generalista, porém não são todos os indivíduos que perdem a coloração I na sua fase de jovem, alguns jovens permanecem com uma coloração clara .

Foi verificado que as caudas com tonalidade I e II possuem uma biofluorescência. Ainda será possível acompanhar as novas ninhadas, que nascerem com coloração clara da cauda, e acompanhar a perda de coloração gradativa.

Em seu trabalho, Honkavaara (2002) explica como os anfíbios são atraídos pela biofluorescência da cauda das serpentes, que anfíbios estudados possuem pelo menos quatro tipos de cones, uma visão de cores tetracromatas, cada cone tem uma sensibilidade diferente a comprimentos de ondas. Os anfíbios possuem cones, que permitem que eles enxerguem luzes ultravioleta, expostas à noite. Quando a cauda de uma serpente que possui engodo caudal, absorve uma luz UV, os anfíbios são capazes de enxergar e entendem que se trata de uma presa, ao tentar preda, a serpente garante sua presa. Thomas (2022), relata em seu estudo, que os cones observados em rãs, possuem uma sensibilidade alta à luz ultravioleta e assim melhoram a detecção de alimentos sob a luz noturna.

No trabalho Paul e Mendyk (2021), a biofluorescência é constatado que, a partir da coloração III da cauda, de uma serpente, já não ocorre o fenômeno biofluorescência. A perda da biofluorescência ocorre conjuntamente à perda da tonalidade clara, que são associadas a mudanças ontogenéticas na alimentação .

A partir dos resultados que temos, novos questionamentos surgem, como por exemplo: A biofluorescência é vantajosa para atração de um maior número de presas em comparação a outros indivíduos que não apresentaram a biofluorescência?

6. CONCLUSÃO

Portanto, o objetivo do trabalho foi concluído, com as seguintes considerações finais. As análises confirmaram que o sexo influencia na coloração da cauda para *Bothrops moojeni*, onde os machos tem uma tendência de nascer com a coloração I.

É interessante haver uma padronização da coloração da cauda, para futuras pesquisas sobre engodo caudal, para identificar em que momento da vida, ocorre as mudanças ontogenéticas da alimentação do animal e assim neste trabalho foi feito um padrão do mais claro para o mais escuro, com numeração romana (I, II, III, IV e V).

Também foi observado a biofluorescência da cauda de serpentes do gênero *Bothrops* e que a tonalidade influencia, ou seja, as tonalidades mais claras apresentam biofluorescência na cauda, uma vantagem para predadores noturnos.

REFERÊNCIAS¹

- ALVES, M. L. M. LEITÃO-DE-ARAÚJO, M. WITT, A. A. Aspectos da biologia reprodutiva de *Bothrops jararaca* em cativeiro (Serpentes, Viperidae). **Iheringia**. Série Zoologia, v. 89, 2000. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S0073-47212000000200009> > Acesso em: 1 jul 2022.
- ANTUNES; H. *Tropidophis paucisquamis* - prey and caudal luring. **Herpetological review**, v. 40, p. 104, 2009.
- BASSI, E. A. A influência de variações climáticas no ciclo reprodutivo de corais verdadeiras *Micrurus corallinus* e *Micrurus frontalis*. <https://repositorio.unesp.br>: **Universidade Estadual Paulista**, 2016.
- CHISZAR, D. *et al.* Caudal Luring in the Southern Death Adder, *Acanthophis antarcticus*. **Journal of Herpetology**, v. 24, n. 3, p. 253, 1990.
- DA FONSECA, *et al.* Caudal luring in the Neotropical two-striped forest pitviper *Bothrops bilineatus smaragdinus* Hoge, 1966 in the Western Amazon. **Herpetology Notes**, v. 12, p. 365–374, 2019.
- FRAGA, R. LIMA, A.P. PRUDENTE, A.C. MAGNUSSON, W. E. **Guia de Cobras da região de Manaus - Amazônia Central**. [s.l.] Editora INPA, 2013.
- FATHINIA, B. *et al.* Avian deception using an elaborate caudal lure in *Pseudocerastes urarachnoides* (Serpentes: Viperidae). **Amphibia-reptilia: Publication of the Societas Europaea Herpetologica**, v. 36, n. 3, p. 223–231, 2015.
- FREITAS, M. Herpetological Review *Bothrops leucurus* engodo caudal. **Herpetological Review**, v. 42, n. 3, p. 436, 2011.
- GILLINGHAM, J. C.; CLARK, D. L. An analysis of prey-searching behavior in the western diamondback rattlesnake, *Crotalus atrox*. **Behavioral and neural biology**, v. 32, n. 2, p. 235–240, 1981.
- GIOZZA, A. P. Evolution of Caudal Luring in Viperidae OPPEL 1811. **Universidade de Brasília Instituto de Ciências Biológicas Programa de Pós-Graduação em Zoologia**, 2020. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/40056>> Acesso em: 10 jul 2022.
- GREENE, H. W.; CAMPBELL, J. A. Notes on the use of caudal lures by arboreal green pit vipers. **Herpetologica**, v. 28, n. 1, p. 32–34, 1972.

¹ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: Informação e documentação - referências - elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

HAGMAN, M.; PHILLIPS, B. L.; SHINE, R. Tails of enticement: caudal luring by an ambush-foraging snake (*Acanthophis praelongus*, Elapidae). **Functional Ecology**, v. 22, n. 6, p. 1134–1139, 2008.

HEATWOLE, H.; DAVISON, E. A review of caudal luring in snakes with notes on its occurrence in the Saharan sand viper, *Cerastes vipera*. **Herpetologica**, v. 32, n. 3, p. 332–336, 1976.

HONKAVAARA, J. SIITARI, H. VIITALA, J. Ultraviolet vision and foraging in terrestrial vertebrates. **Oikos (Copenhagen, Denmark)**, v. 98, n. 3, p. 505–511, 2002.

MACNEIL, D. A glowing butt might help some pitvipers attract their dinner. **Massive Science**. 2021. Disponível em: <<https://massivesci.com/articles/snakes-glowing-uv-light-butt-month/>>. Acesso em: 1 Jul. 2022.

MARTINS, M. R. C.; MARQUES, O. A. V.; SAZIMA, I. Ecological and phylogenetic correlates of feeding habits in neotropical pitvipers of the genus *Bothrops*. Em: G. W. SCHUETT, M. HÖGGREN, M. E. DOUGLAS, H. W. GREENE (Ed.). **Biology of the Vipers**. [s.l.] Eagle Mountain Pub Lc, 2002. p. 307–328.

MURPHY, J. B.; CARPENTER, C. C.; GILLINGHAM, J. C. Caudal Luring in the Green Tree Python, *Chondropython viridis* (Reptilia, Serpentes, Boidae). **Journal of Herpetology**, v. 12, n. 1, p. 117, 1978.

PAUL, L.; MENDYK, R. W. Glow and Behold: Biofluorescence and New Insights on the Tails of Pitvipers (Viperidae: Crotalinae) and Other Snakes. **Herpetological Review**, v. 52, n. 2, p. 221–237, 2021.

PIERIBONE, V.; GRUBER, D. F. Aglow in the dark: The revolutionary science of biofluorescence. London, **England: Belknap Press**, 2006.

SAZIMA, I. Theatrical frogs and crafty snakes: predation of visually-signalling frogs by tail-luring and ambushing pitvipers. **Journal of Ichthyology and Aquatic Biology**, v. 11, n. 3, p. 117–124, 2006.

SAZIMA, I.; PUORTO, G. Feeding technique of juvenile *Tropidodryas striaticeps*: Probable caudal luring in a colubrid snake. **Copeia**, v. 1993, n. 1, p. 222, 1993.

SMITH, C. F.; SCHUETT, G. W. Tail movements by late-term fetal pitvipers resemble caudal luring: prenatal development of an ambush predatory behaviour. **Royal Society Open Science**, v. 9, n. 5, p. 220218, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1098/rsos.220218>>. Acesso em: 3 jul 2022.

STRÜSSMANN, C.; SAZIMA, I. Esquadrinhar com a cauda: uma tática de caça da serpente *Hydrodynastes gigas* no Pantanal, Mato Grosso. **Memórias do Instituto Butantan**, v. 52, n. 2, p. 57–61, 1990.

THOMAS, K. *et al.* Ecology drives patterns of spectral transmission in the ocular lenses of frogs and salamanders. **Functional Ecology**, v. 36, n. 4, p. 850–864, 2022.

TORRES, R. S. **Adaptações Evolutivas: Aspectos comportamentais, mecanismos de defesa e predação em répteis.** www.lume.ufrgs.br: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.