



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Trabalho de Conclusão de Curso

**POLIMORFISMO DE COLORAÇÃO E VARIAÇÃO NA ESCOLHA DO MICRO-
HABITAT: UMA ESTRATÉGIA DE DEFESA EM MACHOS DE *HYPISIBOAS*
PULCHELLUS (ANURA: HYLIDAE)?**

Luísa Nunes Lermen

Orientadora: Profa. Dra. Sandra Maria Hartz

Porto Alegre, Junho de 2016.

Polimorfismo De Coloração E Variação Na Escolha Do Micro-Habitat: Uma Estratégia De Defesa Em Machos De *Hypsiboas Pulchellus* (Anura: Hylidae)?

Orientadora: Profa. Dra. Sandra Maria Hartz

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Renato Azevedo Matias Silvano - UFRGS

Prof. Dr. Alexandro Marques Tozetti - UNISINOS

Porto Alegre, Junho de 2016.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Profa. Dra. Sandra Maria Hartz pela oportunidade de realizar este trabalho; por aceitar ser minha orientadora; e por sempre compartilhar sua alegria e conhecimento com todos.

Agradeço à Raíssa Furtado Souza, sem a qual este trabalho jamais seria realizado, por me acolher com todo entusiasmo; por confiar mais nas minhas capacidades do que eu mesma; e por ter me apresentado e a todos esse sapinhos simpáticos.

Agradeço ao Alexandro Tozetti e ao Renato Silvano por aceitarem ser minha banca, assim como a todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho; à SEMA e ao ICMBio pela concessão das licenças necessárias para este estudo e ao Marcelo pela condução impecável mesmo em horários por vezes um tanto inconvenientes.

Agradeço aos companheiros do Laboratório de Ecologia de Populações e Comunidades (LEPEC) por todo o apoio e companheirismo durante esse último ano; e pelos momentos de descontração e bom humor tão necessários nos dias de hoje.

Agradeço aos meus queridos amigos Lucas, Rômulo e Fernando por não me abandonarem, mesmo tendo desaparecido por semanas; pelo apoio moral durante o período de estresse; e por estarem ao longo destes incríveis cinco anos. Agradecimento especial à Mariana, por ter me aturado todos esses anos como colega de apartamento sem reclamar (muito) da bagunça; por estar disposta a ouvir minhas reclamações, por mais bobas que fossem, assim como meus devaneios ocasionais. Agradeço a todos os meus amigos "virtuais", que, à distância, são capazes de proporcionar horas de descontração e alegria, morrer na *dungeon* com vocês sempre será uma honra.

Agradeço à minha família, em especial aos meus progenitores, Denise e Vitor, por todo o apoio que sempre me deram; pelo carinho e confiança quase infinitos; e por todos os momentos especiais que vivemos juntos desde que vim à esse mundo tão complicado. Agradeço também à minha cadelinha Cookie por todo amor incondicional e por me aturar durante as crises de carência mesmo na ausência de petiscos.

Por fim, agradeço ao CNPQ pela bolsa de Iniciação Científica durante o período de realização deste projeto.

"Não importa quantos cisnes brancos você veja ao longo da vida; isso nunca lhe dará certeza de que cisnes negros não existem."

Karl Popper

Manuscrito formatado conforme as regras editoriais da revista *Biota Neotropica*.

As tabelas e figuras necessárias para a compreensão do trabalho foram inseridas no próprio texto para melhor visualização.

Polimorfismo de coloração e variação na escolha do micro-habitat: uma estratégia de defesa em machos de *Hypsiboas pulchellus* (anura: hylidae)?

Luísa Nunes Lermen^{1*}; Raíssa Furtado¹ e Sandra Maria Hartz¹

¹*Laboratório de Ecologia de Populações e Comunidades, Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Avenida Bento Gonçalves, 9500. Prédio 43411, sala 209, CEP 90501-970, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.*

**Autor para correspondência. Email: lulis.lermen@hotmail.com*

Abstract: Color in animals has many purposes, like predator avoidance. Anurans have a variable corporal coloration and the occurrence of polymorphism is frequent, selecting the animals that are more cryptic to the environment through predator pressures. *Hypsiboas pulchellus* is a polymorphic species with green to brown morphs still poorly understood. The aim of this study was to verify the functionality of color polymorphism in *H. pulchellus* as a defensive strategy. Artificial green and brown clay models were placed in environments with different backgrounds (green and brown) to define if there are differences in predation between the morph types. We considered that more conspicuous morphs will have higher predation. The predation rate of the models was 9.57% with attacks from both mammals and birds. The number of attacked models in the different environments had no significant difference. Therefore, the varieties of *H. pulchellus* were equally cryptic for predators in the studied environments which are made of heterogeneous habitats were the optimal cryptic color is more loosely defined.

Keywords: *Hypsiboas pulchellus*, color polymorphism, cryptic coloration, artificial models, heterogeneous habitat, amphibians.

Resumo: A cor em animais possui vários propósitos, como a evasão de predadores. Anfíbios anuros apresentam uma variedade de padrões de coloração corporal e a ocorrência de polimorfismos é frequente no grupo, selecionando os animais mais crípticos ao seu ambiente através de pressão dos predadores. *Hypsiboas pulchellus* é uma espécie polimórfica com variações entre verde e marrom, sendo ainda pouco conhecidas. O objetivo deste trabalho foi verificar a funcionalidade dos polimorfismos de coloração em *H. pulchellus* como estratégia

de defesa. Espera-se que morfotipos mais conspícuos sejam mais predados. Modelos artificiais verde e marrom de massa modelável foram dispostos em diferentes ambientes para verificar diferença na predação entre os morfotipos. A taxa de predação dos modelos foi de 9,57%, com ataques tantos de mamíferos quanto de aves. O número de ataques aos modelos nos diferentes ambientes não teve diferença significativa. Sendo assim, as variedades de *H. pulchellus* são igualmente crípticas aos predadores nos ambientes estudados, constituídos de ambientes heterogêneos cujos requisitos para a evolução de uma coloração críptica são menos rigorosos.

Palavras-chave: *Hypsiglena pulchellus*, polimorfismo de coloração, coloração críptica, modelos artificiais, habitat heterogêneo, anfíbios.

INTRODUÇÃO

Os órgãos dos sentidos não passam uma visão perfeita do mundo, mas sim uma representação que seleciona e ressalta aspectos do mesmo que são importantes para os comportamentos e a sobrevivência do indivíduo (Crescitelli 2013). Segundo Agoston (1979, p.7), "a cor é uma sensação produzida no cérebro em resposta à luz recebida pela retina ocular". Sendo assim, o padrão de cor em animais possui três propósitos principais, sendo eles termorregulação, comunicação intraespecífica e evasão de predadores (Endler 1978, 1984, Endler & Greenwood 1988, Toledo & Haddad 2009). Sabe-se que, por questões adaptativas, a coloração dos indivíduos é selecionada a partir da combinação entre as cores presentes no ambiente de fundo e as interações entre indivíduos ou espécies (Endler 1978, 1980).

Os anfíbios anuros possuem uma notável variedade de padrões de coloração corporal (Hoffman & Blouin 2000), podendo ser divididos em três grupos principais: coloração críptica, aposemática e mimética (Toledo & Haddad 2009). As colorações crípticas observadas no grupo podem ter sido originadas a partir de pressões impostas pelos predadores sobre os indivíduos, ou como estratégias de captura de presas (Endler 1978, Endler & Greenwood 1988, Toledo & Haddad 2009). Assim, as pressões sobre colorações crípticas tendem a selecionar organismos parecidos com seu ambiente, dificultando sua detecção (Rojas 2016). Aposematismo está relacionado a defesa através de substâncias tóxicas ou desagradáveis aos predadores e /ou seleção sexual (Toledo & Haddad 2009), enquanto que mimetismo está relacionado à aquisição de características comuns com um

grupo de organismos modelo (Toledo & Haddad 2009). Todas as variedades de coloração disruptiva, parecem estar associadas à capacidade visual dos predadores e as pressões associadas à mesma (Hoffman & Blouin 2000, Toledo & Haddad 2009).

É possível que ocorra a presença de dois ou mais tipos de fenótipos em uma população, que diferem de forma discreta e possuem bases genéticas, os chamados polimorfismos (Hoffman & Blouin 2000, Toledo & Haddad 2009). Os polimorfismos podem se manifestar de diversas maneiras, desde variações na cor do corpo até variações em padrões de manchas (Hoffman & Blouin 2000). A ocorrência destes polimorfismos também pode variar, podendo ocorrer de forma generalizada na população, entre diferentes estágios ontogenéticos ou entre diferentes sexos (Toledo & Haddad 2009). Acredita-se que a manutenção dos polimorfismos estaria relacionada a pressões causadas pelos predadores (Hoffman & Blouin 2000, Toledo & Haddad 2009, Santos et al. 2014, Rojas 2016). Polimorfismos em anuros são abundantes, ocorrendo em uma grande quantidade de espécies, porém pouco conhecidos (Hoffman & Blouin 2000). Além disso, estudos que avaliam a importância de polimorfismos de coloração em anuros como estratégia de defesa, principalmente com o uso de modelos artificiais, estão fortemente associados a variedades aposemáticas (Hegna et al. 2011, 2013, Saporito et al. 2007), negligenciando polimorfismos crípticos.

É possível que uma diferenciação espacial influencie na coloração dos indivíduos; uma vez que os animais polimórficos possam utilizar substratos mais adequados para sua coloração, tornando-os, por exemplo, mais crípticos a predadores (Toledo & Haddad 2009, Rojas 2016). Os substratos utilizados pelos anfíbios anuros variam quanto à quantidade de vegetação, sendo desde solo descoberto, até vegetação densa, ou até mesmo na superfície de poças d'água (Navas 1996). Estes ambientes de fundo frequentemente possuem uma grande variação, podendo ser tanto espacial quanto temporal, em sua coloração ou padrão, sendo assim considerados ambientes heterogêneos (Kang et al. 2016, Merilaita et al. 2003). Em *Pseudacris regilla* (Hedges, 1986), espécie polimórfica com variedades verdes e marrons, foi constatada a seleção diferencial de substrato pelos diferentes morfotipos como uma resposta adaptativa a predação orientada visualmente (Morey 1990).

Hypsiboas pulchellus (Dumèril & Bibron, 1841) é uma espécie de anuro da família Hylidae cujos indivíduos podem ser observados vocalizando tanto sobre o solo exposto como empoleirados na vegetação baixa (Kwet et al. 2010). Sabe-se que *H. pulchellus* habita áreas

abertas (Borges-Martins et al. 2007, Kwet et al. 2010), sendo encontrada tanto em ecossistemas campestres quanto em campos da Mata Atlântica (Santos et al. 2014). A espécie possui registros de predação por parte de diversos grupos de vertebrados, incluindo aves (ex.: *Bubulcus ibis ibis*, Ducommun et al. 2008), mamíferos (ex.: *Chaetophractus vellerosus*, Soibelzon et al. 2007), répteis (ex.: *Chironius bicarinatus*, Oliveira 2008) e outros anfíbios (ex.: *Lithobates catesbeianus*, Boelter 2012). Apresenta polimorfismo na coloração, possuindo variações desde verde vivo até castanho claro (Borges-Martins et al. 2007, Iop et al. 2015, Kwet et al. 2010). Apesar desta variação na coloração ocorrer dentro de uma mesma população (Kwet et al. 2010), não se sabe a respeito de suas pressões seletivas, bases genéticas, se estaria relacionado a plasticidade fenotípica ou ainda se os organismos são capazes de alterar sua coloração de acordo com o ambiente de fundo em que se encontram.

O objetivo geral deste estudo é testar a funcionalidade dos polimorfismos de coloração em *Hypsiboas pulchellus* quanto à estratégia de defesa, contribuindo para um melhor conhecimento sobre a espécie e, também, sobre polimorfismos de forma geral. Logo, testaremos a hipótese de que as chances de um indivíduo ser predado estão diretamente relacionadas com a conspicuidade do mesmo em relação ao seu ambiente de fundo. Esperam-se menores índices de predação de indivíduos da variedade polimórfica menos conspícua com o micro-habitat escolhido (indivíduos com coloração verde na vegetação e indivíduos com coloração marrom no solo) conforme os resultados encontrados em estudos anteriores em anuros (Morey 1990, Wente & Phillips 2005).

MATERIAL E MÉTODOS

1. Áreas de estudo

O estudo foi realizado entre dezembro de 2015 e maio de 2016 em áreas do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, cuja presença de *Hypsiboas pulchellus* foi confirmada com auxílio da literatura: três corpos d'água no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata (CPCN Pró-Mata); três corpos d'água na Floresta Nacional (FLONA) de São Francisco de Paula; e um transecto de 1 km nas margens de um corpo d'água lântico no Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos (RVSBP).

O CPCN Pró-Mata localiza-se na região do município de São Francisco de Paula, nas coordenadas 29°27' - 29°35'S e 50°08' - 50°15'W. A região possui clima úmido, com

pluviosidade anual média de 2252 mm e temperatura média de 14,5 °C. A vegetação é caracterizada por um mosaico de zonas de campo e mata (Floresta Ombrófila Mista e Floresta Ombrófila Densa) (Ferreira & Eggers 2008). Foram utilizados três corpos d'água no local, sendo eles: Poça 1 (Figura 1A), localizado nas coordenadas 29°28'49,7"S e 50°10'22,8"W, com diâmetro aproximado de 100 m e borda constituída predominantemente por gramíneas (cerca de 70%) e vegetação emergente (cerca de 30%); Poça 2 (Figura 1B), localizado nas coordenadas 29°28'54,0"S e 50°10'36,3"W, com diâmetro aproximado de 25 m e borda constituída de vegetação arbustiva e emergente em proporções equivalentes; e Poça 3 (Figura 1D), localizado nas coordenadas 29°28'30,1"S e 50°09'51,9"W, com diâmetro aproximado de 500 m e borda constituída de vegetação de mata de araucária e emergente em proporções equivalentes.



Figura 1. Exemplo de áreas de estudo, sendo elas: Poça 1 (A), Poça 2 (B) e Poça 3 (D) localizadas no CPCN Pró-Mata, São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul; e Poça 6 (C) localizada na FLONA de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul.

A FLONA de São Francisco de Paula está localizada no município de mesmo nome, nas coordenadas 29°23' - 29°27'S e 50°23' - 50°25'W (Navares et al. 2005). É uma das regiões mais úmidas do estado, tendo pluviosidade média anual de aproximadamente 2200 mm e temperatura média de 14,5 °C. A vegetação da região é composta pelos Campos de Cima da Serra (estepe) juntamente de matas de araucária (Floresta Ombrófila Mista ou Mata Atlântica - *lato sensu*) (Backes et al. 2005), e áreas plantadas com *Pinus*. Foram utilizados três corpos d'água no local, sendo eles: Poça 4, localizado nas coordenadas 29°29'13,2"S e 50°13'12,0"W, com diâmetro aproximado de 50 m e borda constituída de vegetação gramínea e emergente em proporções equivalentes; Poça 5, localizado nas coordenadas 29°29'13,2"S e 50°13'12,0"W, com diâmetro aproximado de 300 m e borda constituída de vegetação predominantemente de mata com *Pinus* (cerca de 90%) com a presença de alguma (cerca de 10%) vegetação emergente; e Poça 6 (Figura 1C), localizado nas coordenadas 29°25'34,2"S e 50°23'19,0"W, com diâmetro aproximado de 100 m e borda constituída majoritariamente de vegetação gramínea.

A RVSBP está localizada no município de Viamão, região metropolitana de Porto Alegre, nas coordenadas 30°05'S e 50°50'W. A área abriga sistemas relacionados ao bioma Pampa, com áreas de banhado que incluem importantes nascentes do rio Gravataí (SEMA 2010). A pluviosidade média anual da região é de 1291 mm (Bueno et al. 2013). Foi utilizado um transecto de 1 km nas margens de um corpo d'água lântico no local, localizado nas coordenadas 30°5'55,0"S e 50°51'6,0"W, tendo largura variável entre 2 e 3 m, bordas constituídas de vegetação emergente e arbustiva em proporções equivalentes, além de possuir uma grande quantidade de vegetação dentro d'água.

2. *Delineamento amostral*

A intensidade de predação sobre os diferentes morfotipos foi avaliada através da confecção de modelos artificiais, utilizando massa de modelar ACRILEX®, atóxica, nas colorações verde veronese e marrom, disponíveis no mercado (Figura 2). A massa modelável é um material que preserva marcas identificáveis dos ataques dos predadores (Hegna et al. 2013, Saporito et al. 2007; Figura 3A). Aplicou-se a massa sobre um pré-molde de gesso (Figura 2) confeccionado a partir do espécime de *Hypsiboas pulchellus* MCP 11279. Este indivíduo, com comprimento rostro-cloacal de 50,48 mm, foi coletado em São Lourenço do Sul (Rio Grande do Sul, Brasil), e encontra-se depositado na Coleção Científica de

Anfíbios e Répteis do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS. Portanto, os modelos artificiais têm proporções idênticas a um indivíduo real. Com um marcador permanente de cor preta, foi adicionada a marcação dos olhos nos modelos (Figura 3).



Figura 2. Material utilizado na confecção dos modelos artificiais de *Hypsiboas pulchellus* na coloração verde e marrom: pré-molde de gesso confeccionado a partir de um indivíduo macho adulto, massa de modelar atóxica nas cores verde e marrom, e modelo artificial sem marcação dos olhos.

Modelos verdes (MV) e marrons (MM) foram igualmente distribuídos nos dois padrões de coloração do ambiente de fundo: verde (AV) - vegetação marginal e marrom (AM) - solo exposto. O experimento consistiu em quatro tratamentos: MV+AV; MV+AM; MM+AV; e MM+AM. Os modelos foram distribuídos em blocos, sendo que cada bloco conteve um exemplar para cada tratamento, em uma área de aproximadamente um metro quadrado (Figura 4). Assim a cada encontro com os modelos, o predador estaria exposto aos quatro tratamentos, sendo que dois modelos seriam mais conspicuos no ambiente e, segundo a hipótese, mais predados. Está metodologia é adaptada a partir de estudos anteriores (Brodie 1993, Cuthill et al. 2005, Hegna et al. 2011, 2013, Saporito et al. 2007, Shepard 2007). Foram

disponibilizados 188 modelos no total, distribuídos em 47 pontos amostrais (blocos) próximos a um corpo d'água. A distância mínima entre os pontos amostrais foi de 100 m.



Figura 3. Modelos artificiais, com marcação dos olhos, de *Hypsiboas pulchellus* nas colorações marrom (A) e verde (B). O modelo artificial marrom (A) possui marcas resultantes de ataques predatórios, possivelmente por mamífero; e o modelo artificial verde (B) encontra-se intacto.

Os modelos ficaram expostos à predação por um total aproximado de 48 horas e foram verificados a cada 24 horas, permanecendo no ambiente por um período de exposição idêntico durante o dia e a noite. Modelos considerados predados, devido à presença de algum tipo de dano causado por um potencial predador (picadas, mordidas, etc.), foram fotografados e posteriormente armazenados para identificação das marcas encontradas. Os modelos foram dispostos apenas sobre o solo para prevenir possíveis danos a modelos empoleirados que pudessem prejudicar a identificação das marcas de predação, como quedas. Porém, isso não deve impactar sobre os resultados, uma vez que *H. pulchellus* vocaliza, também, sobre o solo (Kwet et al. 2010).

Trabalhos com modelos artificiais com foco em polimorfismos crípticos de coloração são aplicados com sucesso em diversos grupos de organismos (Cuthill et al. 2005, Brodie 1993, Shepard 2007), além disso, a utilização de modelos artificiais feitos de massa de modelar para experimentos relacionados a pressões de predação tem resultados satisfatórios, sendo amplamente aplicados (Brodie 1993, Dell'Aglio et al. 2012, Hegna et al. 2011, 2013, Saporito et al. 2007, Santos et al. 2013, Shepard 2007).



Figura 4. Modelos artificiais de *Hypsiboas pulchellus* disponibilizados aos potenciais predadores. Os modelos foram dispostos em uma área de aproximadamente um metro quadrado, conforme os tratamentos: MV+AV, MV+AM, MM+AV, e MM+AM; Sendo MV = modelo verde, MM = modelo marrom, AV = ambiente com fundo verde e AM = ambiente com fundo marrom. Os círculos indicam a posição de cada um dos quatro modelos em cada tratamento.

3. Análise de dados

Primeiramente, a taxa de predação foi calculada através da divisão entre o número de modelos predados e o número total de modelos disponibilizados (modelos predados/total de modelos). Para testar a hipótese de que os índices de predação de indivíduos da variedade polimórfica menos conspícua com o sítio escolhido sejam menores, foi utilizado um teste Chi-quadrado de Pearson ($\alpha = 0.05$) para comparar a proporção de ataques a modelos verdes e modelos marrons e a proporção de ataques nos ambientes de fundo verde – vegetação marginal e marrom – solo exposto. Para o Chi-quadrado, foi empregado a Correção de Yates

visto que os graus de liberdade foi igual a um e que em, pelo menos, uma das classes o valor esperado foi menor que cinco (Gotelli & Ellison 2011). Os testes estatísticos foram realizados no programa R, versão 3.3.0 (R Development Core Team 2016).

RESULTADOS

Obteve-se uma taxa de predação de 9,57%; uma vez que de 188 modelos disponibilizados, 18 modelos apresentaram danos e foram considerados predados. A partir das impressões deixadas sobre a massa de modelar, 8 modelos tiveram indícios de predação por espécies de mamíferos (Figura 5A), 7 modelos teriam sido predados por espécies de aves (Figura 5B) e 3 modelos apresentaram marcas que não puderam ser classificadas. Entretanto, o número de modelos predados não variou significativamente entre os tratamentos ($X^2=1,141e^{-31}$, g.l.= 1, p= 1) (Tabela 1, Figura 6).

Tabela 1. Tabela de contingência com os números absolutos das tentativas de predação aos modelos artificiais de *Hypsiboas pulchellus* nos diferentes ambientes de fundo analisados. Observado (Esperado).

Modelos	Ambiente de fundo		
	Verde	Marrom	Total
Verde	5 (4,89)	6 (6,11)	11
Marrom	3 (3,11)	4 (3,89)	7
Total	8	10	18

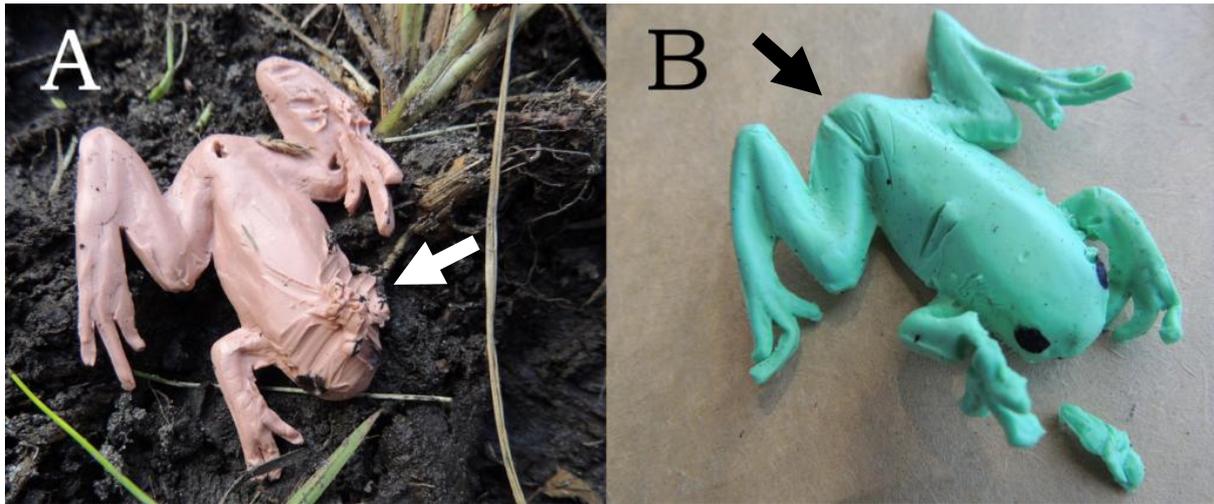


Figura 5. Modelos artificiais de *Hypsiboas pulchellus* com marcas (picadas, mordidas, etc) causadas por um potencial predador: exemplo de marcas (indicadas pelas setas) identificadas como causadas por mamíferos (A) e aves (B).

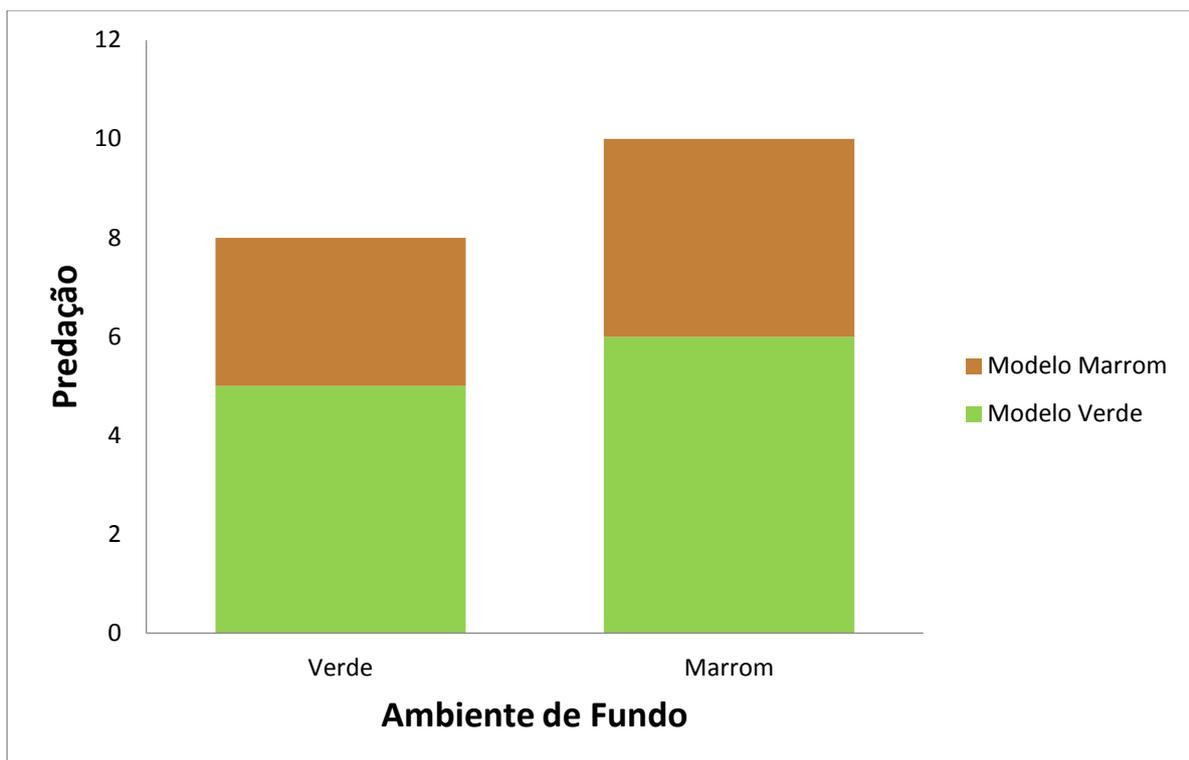


Figura 6. Número de modelos artificiais de *Hypsiboas pulchellus* das diferentes colorações (verde e marrom) com marcas de predação nos diferentes ambientes de fundo (verde e marrom) amostrados.

DISCUSSÃO

A seleção diferencial de morfotipos por predadores orientados visualmente tem sido a explicação mais comumente utilizada para a manutenção de polimorfismos (Hoffman & Blouin 2000, Toledo & Haddad 2009, Santos et al. 2014, Rojas 2016, Wente 2003). No entanto, no presente estudo, não houve diferença significativa entre os diferentes tratamentos, o que indicaria que as diferentes colorações dos morfotipos existentes em *H. pulchellus* não possuem diferentes taxas de predação sobre os mesmos, quando em ambientes que os tornem mais ou menos crípticos.

Trabalhos anteriores com anuros de coloração críptica foram capazes de demonstrar uma diminuição no risco de predação por predadores orientados visualmente em diferentes variedades polimórficas através da seleção de micro-habitat (Morey 1990, Wente & Phillips 2005), porém, ao contrário do presente estudo, estes dados foram obtidos através de experimentos controlados em laboratório, com indivíduos vivos, das espécies de presas e predadores avaliados. Apesar da utilização de modelos artificiais e não de animais vivos, há fortes indícios de que o método utilizado foi eficiente para testar a hipótese em questão. É importante ressaltar que modelos artificiais de massa de modelar foram utilizados com resultados significativos em outros estudos, tanto com anuros aposemáticos (Hegna et al. 2013, Saporito et al. 2007) quanto com outros grupos (Brodie 1993, Dell'Aglio et al. 2012, Shepard 2007). Primeiramente, a taxa de predação obtida no presente estudo é comparável a outros realizados com a mesma técnica (Brodie 1993, Hegna et al. 2011, 2013, Saporito et al. 2007, Shepard 2007). Posteriormente, semelhante ao resultado encontrado por Brodie (1993), a quantidade de modelos predados não diminuiu ao longo do tempo, o que poderia indicar que os predadores não aprenderam a diferenciar os modelos de presas em potencial. Por verificarmos a situação dos modelos a cada 24h, no presente estudo não houve extravio de nenhum dos modelos de *H. pulchellus* utilizados, fato comumente encontrado em outros trabalhos com anuros em que tal verificação não foi realizada (Hegna et al. 2011, 2013, Saporito et al. 2007). De forma geral, a técnica se mostrou satisfatória para estimativa de predação em coloração críptica.

A baixa taxa de predação sobre os modelos, comparável à taxa observada sobre organismos aposemáticos (ex.: [9%] Brodie 1993, ex.: [12,4%] Hegna et al. 2011, ex.: [7,5%] Hegna et al. 2013, ex.: [12,4%] Saporito et al. 2007) pode estar associada ao fato de ambas as variedades de coloração de *H. pulchellus* tornarem-se igualmente crípticas a predadores em

um ambiente heterogêneo como os encontrados nas áreas de estudo. Habitats heterogêneos são formados por dois ou mais micro-habitats visualmente distintos (Merilaita et al. 2001, Bond & Kamil 2006). Espera-se que a diminuição da detectabilidade de um indivíduo em um micro-habitat leve ao aumento da detectabilidade em outro micro-habitat presente no ambiente, quando considerados esses ambientes visualmente distintos (Merilaita et al. 1999, 2001, Bond & Kamil 2006). No entanto Merilaita e colaboradores (1999) verificaram que em ambientes com habitat heterogêneos a coloração ótima para defesa pode ser atingida tanto através de uma harmonização entre os níveis de crípsis nos diferentes micro-habitats, quanto através do aprimoramento da crípsis em um micro-habitat em detrimento de outro. Além disso, seria possível a existência de mais de um morfotipo cuja coloração fosse igualmente críptica no ambiente (Merilaita 2003).

Em um habitat visualmente complexo há uma maior quantidade de estímulos visuais para serem processados, o que torna mais difícil a detecção por predadores, sendo assim, a camuflagem pode explorar não apenas a coloração de fundo, mas também a capacidade do predador de processar informações (Merilaita et al. 2003, Merilaita et al. 1999, Pie 2015). Sendo assim, os requisitos para a evolução de uma coloração críptica em um habitat visualmente complexo são menos rigorosos, o que faz com que a aparência da coloração ótima em um habitat complexo seja mais livremente determinada do que a coloração ótima em um habitat simples (Merilaita 2003). Além disso, é preciso ressaltar que a coloração dos indivíduos não está relacionada somente a predação, mas também a outras funções comportamentais e fisiológicas (Sowersby et al. 2014). Outros possíveis mecanismos responsáveis pela manutenção em polimorfismos de coloração, além da seleção por predação, são: seleções dependentes de frequência e densidade; heterose, ou vantagem do heterozigoto; seleções por questões climáticas; e o polimorfismo neutro, quando ambos os morfotipos tem o mesmo *fitness* e os alelos polimórficos são mantidos (Jones et al. 1977, Roulin 2004).

Dessa forma, conclui-se que as variedades polimórficas de *H. pulchellus* são igualmente crípticas aos predadores, nos ambientes amostrados no presente trabalho. Entretanto, outras forças seletivas podem estar atuando na ocorrência de polimorfismos de coloração em uma mesma população de *Hypsiboas pulchellus*. Portanto, a continuidade da temática deste estudo, pretende-se amostrar indivíduos machos de *H. pulchellus* vivos, em campo, para verificar se há alguma relação entre o micro-habitat utilizado como sítio de vocalização e a coloração corporal do indivíduo emissor. É possível que a escolha de machos pela fêmea e/ou a disputa territorial entre os machos possa atuar favorecendo aqueles

indivíduos mais conspícuos em relação ao seu ambiente de fundo, aumentando assim a sua visibilidade para ambos os receptores coespecíficos.

REFERÊNCIAS

- AGOSTON, G. A. 1979. Color theory and its application in art and design. Vol. 19. Springer.
- CUTHILL, I. C., STEVENS, M., SHEPPARD, J., MADDOCKS, T., PÁRRAGA, C. A., & TROSCIANKO, T. S. 2005. Disruptive coloration and background pattern matching. *Nature* 434(7029), 72-74.
- BACKES, A., PRATES, F. L., & VIOLA, M. G. 2005. Produção de serapilheira em floresta ombrófila mista, em São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Bot. Bras.* 19, 155-160.
- BOELTER, R. A., KAEFER, I. L., BOTH, C., & CECHIN, S. 2012. Invasive bullfrogs as predators in a Neotropical assemblage: What frog species do they eat? *Anim. Biol.* 62(4), 397-408.
- BOND, A. B., & KAMIL, A. C. 2006. Spatial heterogeneity, predator cognition, and the evolution of color polymorphism in virtual prey. *P. Natl. Acad. Sci. USA* 103(9), 3214-3219.
- BORGES-MARTINS, M.; P. COLOMBO; C. ZANK; F.G. BECKER & M.T.Q. MELO. 2007. Anfíbios p. 276-291. *In*: BECKER, F.G.; R.A. RAMOS & L.A. MOURA (orgs.) Biodiversidade: Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 385 p.
- BRODIE, E.D. 1993. Differential avoidance of coral snake banded patterns by free-ranging avian predators in Costa Rica. *Evolution* 47:227-235.
- BUENO, C. M., CADEMARTORI, C. V., FORNECK, E. D., & CABRAL, T. C. 2013. Anurofauna de uma área do domínio da Mata Atlântica no Sul do Brasil. Morro do Coco, Viamão, RS. *Mouseion* 14, p-11.

- CRESCITELLI, F. 2013. The visual system in vertebrates. Springer Science & Business Media.
- DELL'AGLIO, D.D., TOMA, T.S.P., MUELBERT, A.E., SACCO, A.G. & TOZETTI, A.M. 2012. Head triangulation as anti-predatory mechanism in snakes. *Biota Neotrop.* 12(3):<http://www.biotaneotropica.org.br/v12n3/en/abstract?shortcommunication+bn01912032012>
- DUCOMMUN, M. P., QUIROGA, M. A., BELTZER, A. H., & SCHNACK, J. A. 2009. Diet of Cattle Egrets (*Bubulcus ibis ibis*) in the flood valley of the Paraná River, northern Argentina. *Avian Biol. Res.* 1(4), 145-151.
- ENDLER, J. A. 1978. A predator's view of animal color patterns. *Evol. Biol.* 11:319–364.
- ENDLER, J. A. 1980. Natural selection on color patterns in *Poecilia reticulata*. *Evolution* 34, 76–91.
- ENDLER, John A. 1984. Natural and sexual selection on color patterns in poeciliid fishes. In: *Evolutionary ecology of neotropical freshwater fishes*. Springer Netherlands, 95-111.
- ENDLER, J. A., & GREENWOOD, J. J. D. 1988. Frequency-dependent predation, crypsis and aposematic coloration [and discussion]. *Philos. T. Roy. Soc. B.*, 319(1196), 505-523.
- FERREIRA, P. M. A., & EGGERS, L. 2008. Espécies de Cyperaceae do Centro de Pesquisa e Conservação da Natureza Pró-Mata, município de São Francisco de Paula, RS, Brasil. *Acta bot. bras.* 22, 173-185.
- GOTELLI, N. J., & ELLISON, A. M. 2011. Princípios de estatística em ecologia. In *Princípios de estatística em ecologia*. Artmed.
- HEGNA, R. H., SAPORITO, R. A. & DONNELLY, M. A. 2013. Not all colors are equal: predation and color polytypism in the aposematic poison frog *Oophaga pumilio*. *Evol. Ecol.* 27, 831–845.
- HEGNA, R. H., SAPORITO, R. A., GEROW, K. G. & DONNELLY, M. A. 2011. Contrasting colors of an aposematic poison frog do not affect predation. *Ann. Zool. Fenn.* 48, 29–38.

- HOFFMAN, E. A. & BLOUIN, M. S. 2000. A review of colour and pattern polymorphisms in anurans. *Biol. J. Linn. Soc.* 70, 633–665.
- IOP, S.; ASSMANN B. R.; SANTOS, T. G. DOS & CECHIN S. Z. 2015. Biodiversidade de Anfíbios. p. 71-76 In: Pillar, V. de P. and Lange, O (orgs.) *Os Campos do Sul. Rede Campos Sulinos - UFRGS, Porto Alegre.* 192 p.
- JONES JS, LEITH BH, RAWLINGS P. 1977. Polymorphism in *Cepaea*: a problem with too many solutions? *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 8, 109–143.
- KANG, C., KIM, Y. E., & JANG, Y. 2016. Colour and pattern change against visually heterogeneous backgrounds in the tree frog *Hyla japonica*. *Scientific reports*, 6.
- KWET, A., LINGNAU, R., & DI-BERNARDO, M. 2010. Pró-Mata: Anfíbios da Serra Gaúcha, sul do Brasil-Amphibien der Serra Gaúcha, Südbrasilien-Amphibians of the Serra Gaúcha, South of Brazil. *Brasilien-Zentrum, University of Tübingen, Germany*, 1-148.
- MERILAITA, S., J. TUOMI, & V. JORMALAINEN. 1999. Optimisation of cryptic coloration in heterogeneous habitats. *Biol. J. Linn. Soc.* 67:151–161.
- MERILAITA, S., A. LYYTINEN, & J. MAPPES. 2001. Selection for cryptic coloration in a visually heterogeneous habitat. *Proc. R. Soc. Lond. B.* 268:1925–1929.
- MERILAITA, S. 2003. Visual background complexity facilitates the evolution of camouflage. *Evolution.* 57: 1248–1254.
- MOREY, S. R. 1990. Microhabitat selection and predation in the Pacific treefrog, *Pseudacris regilla*. *J. Herpetol.* 24, 292–296.
- NARVAES I. da S.; BRENA D. A. & LONGHI S. J. 2005. Estrutura da regeneração natural em Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS. *Ciência Florestal*, 15(4), 331-342.
- NAVAS, C. A. 1996. Implications of microhabitat selection and patterns of activity on the thermal ecology of high elevation neotropical anurans. *Oecologia*, 108(4), 617-626.
- OLIVEIRA, S. V. 2008. Observação do comportamento predatório de *Chironius bicarinatus* (Serpentes, Colubridae) em *Hypsiboas pulchellus* (Anura, Hylidae), Serra do sudeste, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biodiversidade Pampeana*, 6(2).

- PIE, M. R. 2015. The role of habitat heterogeneity on signal evolution in predator–prey interactions, with implications for the evolution of crypsis and aposematism PeerJ PrePrints: <http://dx.doi.org/10.7287/peerj.preprints.865v1%7C>
- ROJAS, B. 2016. Behavioural, ecological, and evolutionary aspects of diversity in frog colour patterns. *Biol. Rev.*: <http://dx.doi.org/10.1111/brv.12269>
- ROULIN A. 2004. The evolution, maintenance and adaptive function of genetic colour polymorphism in birds. *Biol. Rev. Camb. Philos.* 79, 815–848.
- SANTOS, T. G. DOS; IOP, S., ALVES, S. DA S. 2014. Anfíbios dos Campos Sulinos: diversidade, lacunas de conhecimento, desafios para conservação e perspectivas. *Herpetologia Brasileira* 3(2), 51 – 59.
- SANTOS, M.B., OLIVEIRA, M.C.L.M., GONÇALVES, T.P., ALMEIDA, F.M., LOEBMANN, D. & TOZETTI, A.M. 2013. Does human influence on coastal grasslands habitats affect predation pressure on snakes? *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?short-communication+bn01913012013>
- SAPORITO, R.A., ZUERCHER, R., ROBERTS, M., GEROW, K.G. & DONNELLY, M.A. 2007. Experimental evidence for aposematism in the Dendrobatid poison frog *Oophaga pumilio*. *Copeia* 2007(4):1006-1011. [http://dx.doi.org/10.1643/0045-511\(2007\)7\[1006:EEFAIT\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1643/0045-511(2007)7[1006:EEFAIT]2.0.CO;2)
- SEMA. Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos. 2010. <http://www.sema.rs.gov.br/>. (last access in 02/mar/2016)
- SHEPARD, D. B. 2007. Habitat but not body shape affects predator attack frequency on lizard models in the Brazilian Cerrado. *Herpetologica*, 63(2), 193-202.
- SOIBELZON, E., DANIELE, G., NEGRETE, J., CARLINI, A. A., & PLISCHUK, S. 2007. Annual diet of the little hairy armadillo, *Chaetophractus vellerosus* (Mammalia, Dasypodidae), in Buenos Aires province, Argentina. *J. Mammal.*, 88(5), 1319-1324.
- SOWERSBY, W., LEHTONEN, T. K., & WONG, B. B. M. 2015. Background matching ability and the maintenance of a colour polymorphism in the red devil cichlid. *J. Evol. Biol.* 28(2), 395-402.
- TOLEDO, L. F. AND HADDAD, C. F. B. 2009. Colors and some morphological traits as defensive mechanisms in anurans. *Int J Zool.* <http://dx.doi.org/10.1155/2009/910892>

WENTE, W. H., & PHILLIPS, J. B. 2003. Fixed green and brown color morphs and a novel color-changing morph of the Pacific tree frog *Hyla regilla*. *Am. Nat.* 162(4), 461-473.

WENTE, W. H. & PHILLIPS, J. B. 2005. Microhabitat selection by the Pacific treefrog, *Hyla regilla*. *Anim. Behav.* 70, 279–287.