



**INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL**

DEBORA WOLFF BORDIGNON

**POR QUE AQUI E NÃO ALI? SELEÇÃO DO HABITAT REPRODUTIVO PELO SAPINHO-  
ADMIRÁVEL-DE-BARRIGA-VERMELHA, UMA ESPÉCIE MICROENDÊMICA E  
CRITICAMENTE AMEAÇADA.**

PORTO ALEGRE

2019

**DEBORA WOLFF BORDIGNON**

POR QUE AQUI E NÃO ALI? SELEÇÃO DO HABITAT REPRODUTIVO PELO SAPINHO-  
ADMIRÁVEL-DE-BARRIGA-VERMELHA, UMA ESPÉCIE MICROENDÊMICA E  
CRITICAMENTE AMEAÇADA.

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Biologia Animal,  
Instituto de Biociências da Universidade  
Federal do Rio Grande do Sul, como  
requisito parcial à obtenção do Título de  
Mestre em Biologia Animal.

Área de Concentração: Biodiversidade e  
Biologia e Comportamento Animal

Orientador: Prof. Dr. Márcio Borges Martins

Coorientador: Prof. Dr. Murilo Guimarães

Porto Alegre

2019

**DEBORA WOLFF BORDIGNON**

POR QUE AQUI E NÃO ALI? SELEÇÃO DO HABITAT REPRODUTIVO PELO SAPINHO-  
ADMIRÁVEL-DE-BARRIGA-VERMELHA, UMA ESPÉCIE MICROENDÊMICA E  
CRITICAMENTE AMEAÇADA.

Aprovada em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Dra. Camila Both

---

Dra. Caroline Zank

---

Dra. Flávia Tirelli

“Para uma mulher vencer na vida, ela tem que se atirar.  
Se errar uma vez, tem que tentar outras cem.  
É justamente a nova geração a responsável para  
levar avante a luta da mulher pela igualdade.”

**Bertha Lutz**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que cruzaram o meu caminho e contribuíram de alguma forma para que este trabalho se tornasse realidade. As alegrias se tornam infinitamente maiores quando são compartilhadas!

A minha mãe Deisy e ao meu pai Enio pelo apoio incondicional em cada passo da minha vida, por terem me mostrado os caminhos e me incentivado em todos aqueles que eu escolhi seguir. O que mais me orgulha em mim é o que eu trago de vocês.

Aos meus irmãos, Mateus e Vitor, por dividirem a vida comigo e serem aqueles por quem eu desejo sempre me tornar uma pessoa melhor. Eu amo e admiro vocês, cada vez mais.

Ao Vini, o meu biólogo favorito! Pela parceria, amizade e amor em todas as etapas até aqui e em todas as outras que ainda estão por vir. Por me mostrar o outro lado e me ajudar a ver além. Por acreditar em mim e em todas as minhas loucuras. Obrigada por existir e fazer parte de tudo. Que sorte a minha dividir a vida contigo!

Ao meu orientador, Márcio, pelo apoio e incentivo não só durante esse trabalho, mas também ao longo de todos esses anos de herpeto. Pelas ideias, questionamentos e aprendizados. Por todos os “entra!” quando bati na porta, seguidos de muita paciência e tranquilidade.

Ao meu coorientador, Murilo, pelas boas discussões e ensinamentos durante todo o mestrado. Pela orientação estatística, pela sempre pronta disponibilidade e pelo grande apoio até aqui.

A minha dupla maravilhosa, Mizinha, pela participação em todas as etapas desse projeto e em tantas outras da minha trajetória. Por toda a nossa parceria, histórias e aventuras em Arvorezinha. Pela amizade, amor e cuidado presentes em tudo. Obrigada por tanto e por abraçar esse mestrado e a vida comigo, amiga! Não existe tamanho pra admiração que eu sinto por ti.

Ao Gabriel, por topar fazer parte desse trabalho e pelas enormes contribuições ao longo do caminho. Pelo auxílio em campo, ideias e discussões. Pela atenção, disponibilidade e preocupação sempre presentes. Muito obrigada por tudo e pela grande parceria!

Ao Rafa e ao Isma, pelas incansáveis discussões estatísticas e scripts mirabolantes no R. Por me mostrarem os processos e compartilharem comigo todos esses conhecimentos. Foi muito melhor com a ajuda de vocês.

Ao Diego, pela imensa disponibilidade e ajuda com a elaboração do mapa, ficou maravilhoso! Obrigada pela parceria e por todos os momentos compartilhados nesses anos de laboratório!

Às amigas maravilhosas que de uma forma ou de outra sempre estiveram presentes e me acompanhando nas diferentes fases da vida: Ju, Bibs, Marlu, Mi, Karol, Carol e Valen, amo tanto vocês.

A todos os amigos que se aventuraram nos campos do mestrado e fizeram com que eles se tornassem muito mais divertidos: Adriana, Bibs, Isa, Matias, Mimi, Robertinha, Rógger, Rômulo, Tali, Vini e Vitor. Foi lindo, muito obrigada!

Aos meus muitos amigos dessa vida, que agora posso resumir em uma frase apenas nomeando os grupos: Ronã (e todas as suas variações), Ursal, 127, grupo das gurias (amo vocês tanto), da família e por aí vai! A vida é muito melhor com vocês.

Agradeço também a todos os colegas do laboratório de herpetologia, ao PPG Biologia Animal da UFRGS e aos moradores locais de Arvorezinha que colaboraram para que este trabalho fosse realizado.

Por fim, agradeço às mulheres que compõe a banca avaliadora, Camila, Carol e Flávia. Muito obrigada pelo interesse e pela disponibilidade de conhecer esse trabalho!

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	8
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	15
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	21
RESUMO .....	22
ABSTRACT.....	23
INTRODUÇÃO .....	24
MÉTODOS .....	27
<i>Área de estudo</i> .....	27
<i>Coleta dos dados</i> .....	30
<i>Análise dos dados</i> .....	34
<i>Procedimentos éticos e legais</i> .....	37
RESULTADOS .....	37
<i>Seleção de modelos</i> .....	37
<i>Presença e ausência de ovos nas poças</i> .....	39
<i>Número de ovos nas poças</i> .....	39
DISCUSSÃO .....	43
<i>Implicações para a conservação</i> .....	47
<i>Conclusão</i> .....	48
REFERÊNCIAS .....	50
<b>CONCLUSÃO GERAL</b> .....	59

## INTRODUÇÃO GERAL

Os processos de seleção e uso do habitat pelos animais são questões centrais em estudos ecológicos (Gorosito *et al.*, 2016). Estes processos, por sua vez, variam entre as diferentes escalas de paisagem e podem determinar a ocupação dos indivíduos em um certo ambiente (Jacquemyn, Brys & Hermy, 2002; Cushman & McGarigal, 2004). Estudos em escalas globais têm sido importantes para a compreensão dos padrões de distribuição da biodiversidade, bem como das causas que levam aos declínios populacionais de muitos organismos (Ceballos, Ehrlich & Dirzo, 2017). No entanto, a maior parte destes estudos costuma focar em fatores gerais que moldam a ocorrência das espécies, como os processos de migração e dispersão dos indivíduos, ou os efeitos globais das mudanças climáticas (Dunning, Danielson & Pulliam, 1992; Walther *et al.*, 2002; Boscolo & Metzger, 2011). Já em escalas mais finas ou locais, a ocorrência dos indivíduos é influenciada principalmente por fatores relacionados à qualidade do habitat e aos níveis de interações entre as espécies, os quais são raramente abordados em estudos abrangendo escalas mais amplas (Wiens, 1989; Soares & Brito, 2007). A partir disso, a compreensão inicial sobre as relações espécie-habitat em escala fina são fundamentais para a elaboração de Planos de Ação mais eficientes, pois permitem um planejamento mais detalhado das estratégias de conservação e manejo das espécies, bem como das áreas a serem preservadas (Wiens, 1989; Van Buskirk, 2005).

Os anfíbios são o grupo de vertebrados que apresenta o maior número de declínios populacionais e perda de espécies nos últimos anos (Semlitsch, 2003; Stuart *et al.*, 2004; IUCN, 2019). Das mais de oito mil espécies conhecidas, entre 40 e 50% já se encontram sob risco de extinção (Frost, 2019; González-del-Puerto *et al.*, 2019; IUCN,



2019). As mudanças climáticas, as contaminações químicas, a presença de espécies invasoras e as doenças causadas por patógenos são consideradas como grandes ameaças a estes animais (Semlitsch, 2003; Stuart *et al.*, 2008; Collins & Crump, 2009). Entretanto, as maiores causas das extinções de anfíbios estão relacionadas principalmente à destruição do habitat em escalas locais, levando a alterações nos ambientes reprodutivos e/ou na perda dos ambientes necessários a sua sobrevivência (Stuart *et al.*, 2004; Becker *et al.*, 2007; Collins & Crump, 2009).

Neste cenário, a Mata Atlântica é considerada como uma das regiões com o maior declínio de anfíbios no mundo (Ceballos, Ehrlich & Dirzo, 2017). Além disso, o bioma apresenta um grande percentual de espécies endêmicas (77,6%) e com distribuição altamente restrita (Haddad & Prado, 2005; Monteiro-Filho & Conte, 2017). Atualmente, a região é limitada a apenas 12% do seu tamanho original (de aproximadamente 1,5 milhões de km<sup>2</sup>) e está distribuída em pequenos fragmentos isolados, o que representa uma ameaça adicional para muitas espécies (Ribeiro *et al.*, 2009). A distância e a conectividade entre fragmentos, além da disponibilidade de micro-habitats para a reprodução e a distância dos corpos d'água para o fragmento florestal mais próximo, parecem ser fatores fundamentais para a manutenção das populações de anfíbios anuros (Becker *et al.*, 2010; Da Silva, Do Prado & Rossa-Feres, 2011). Contudo, estudos a nível de micro-habitat reprodutivo ainda são escassos para este grupo (Lemckert & Brassil, 2000; Krishnamurthy, 2003).

De forma aplicada, uma ampla variedade de técnicas e modelos pode ser empregada em estudos de seleção e uso de habitat, os quais relacionam os dados de ocorrência ou abundância dos indivíduos em determinados pontos com as variáveis

preditoras obtidas para cada um deles (Gorosito *et al.*, 2016). Na maioria das situações envolvendo dados oriundos de contagens (como nº de indivíduos, nº ovos, entre outros) utiliza-se as distribuições Poisson ou Binomial Negativa para a modelagem. Contudo, quando a estrutura dos dados apresenta excesso de zeros e sobredispersão (isto é, quando a variância excede a média dos dados), o uso isolado destas distribuições acaba se tornando inadequado devido a sua falta de flexibilidade (Zuur *et al.*, 2009). Uma classe de modelos capaz de acomodar ambas as propriedades (excesso de zeros e sobredispersão) é a classe dos modelos de barreira (Hurdle, Two-Part ou Zero-Augmented – ZA; Mullahy, 1986). Nos modelos Hurdle, primeiramente os dados são considerados como zeros versus não-zeros e, a partir disso, um modelo binomial é utilizado para modelar a probabilidade de os valores zeros serem observados. Posteriormente, as observações diferentes de zero (contagens) são modeladas com um modelo Poisson truncado ou Binomial Negativo truncado, ou seja, as distribuições não podem produzir zeros (Zuur *et al.*, 2009; Hofstetter *et al.*, 2016). Desta forma, a inclusão das variáveis preditoras pode se dar de maneira diferente em ambas as partes do modelo, o que permite, por exemplo, avaliar tanto o que pode estar afetando a presença/ausência quanto a abundância da variável resposta nos sítios em questão.

A presença de anuros em áreas reprodutivas, por sua vez, depende de uma série de fatores ambientais e bióticos (Lemckert & Mahony, 2006). Diversas espécies são capazes de detectar o sítio de oviposição adequado com base em características locais, como a vegetação, disponibilidade de água, exposição solar, presença de ovos de outras espécies e predadores, visando reduzir o risco de mortalidade dos girinos devido à competição, predação ou dessecação do local de desova (Murphy, 2003; Burne & Griffin, 2005; Afonso & Eterovick, 2007; Vasconcelos *et al.*, 2009). A seleção destes sítios de

oviposição pode ter um forte impacto na distribuição das espécies e na dinâmica populacional local, uma vez que a ocupação dos indivíduos é influenciada principalmente por processos associados com a qualidade do habitat e com as características necessárias à sobrevivência das populações (Hassell, 1987; Pearman & Wilbur, 1990; Van Buskirk, 2005). Compreender as preferências ambientais dos indivíduos em escala local, portanto, é especialmente importante para o estabelecimento de estratégias de manejo e conservação de anfíbios que apresentam distribuição restrita ou que estão ameaçados de extinção (Wiens, 1989; Van Buskirk, 2005).

O gênero *Melanophryniscus* Gallardo, 1961 (Anura: Bufonidae) atualmente inclui 29 espécies válidas e distribui-se apenas na região tropical e subtropical do sudeste da América do Sul (Zank *et al.*, 2014; Frost, 2019). São conhecidos popularmente como sapinhos-de-barriga-vermelha e se caracterizam por possuir toxinas na pele, como alcalóides e bufadienólídeos (Daly, Spande & Garraffo, 2005; Jeckel, Grant & Saporito, 2015), e por apresentar o comportamento de reflexo “unken” para sua defesa, o que possibilita a exibição da coloração vermelha ou alaranjada do ventre quando são perturbados (Kwet *et al.*, 2005; Santos & Grant, 2011; Caorsi *et al.*, 2014). No entanto, informações detalhadas sobre distribuição, história natural e ecologia ainda são escassas para a maioria destas espécies. Adicionalmente, grande parte delas apresenta distribuição restrita e se encontra em alguma categoria de ameaça de extinção (Zank *et al.*, 2014; IUCN, 2019).

Um exemplo destas espécies é o sapinho-admirável-de-barriga-vermelha - *Melanophryniscus admirabilis* Di Bernardo, Maneyro & Grillo, 2006 (Fig. 1). Classificada

como Criticamente em Perigo de extinção a nível global e regional (IUCN, 2013; Fonte et al., 2014; ICMBio, 2014, 2018) a espécie apresenta distribuição restrita a apenas um pequeno trecho em ambas as margens do rio Forqueta, no Perai de Janeiro, município de Arvorezinha, Rio Grande do Sul (IUCN, 2013; Fonte et al., 2014). A área de ocorrência da espécie está localizada em um fragmento de Mata Atlântica da região, que se encontra inserido em uma matriz formada por monoculturas de fumo, soja e eucalipto. Além disso, em 2010 o órgão ambiental estadual (FEPAM) chegou a conceder uma autorização preliminar para a construção de uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH) no rio Forqueta, a apenas 500 metros a montante da área reprodutiva da espécie (Fonte et al., 2014). Mesmo que o processo tenha sido arquivado, a região ainda possui um enorme potencial para empreendimentos hidrelétricos e turísticos, o que poderia levar à perda dos ambientes favoráveis à reprodução da sua única população.

Embora ainda não existam dados sobre a área de vida de *M. admirabilis*, sabe-se que os indivíduos ocupam habitats diferentes em função das suas atividades de reprodução (Abadie, 2015). A espécie utiliza poças formadas nas margens rochosas do rio como sítio reprodutivo, e a disponibilidade destas poças varia conforme o regime das chuvas e as variações no nível do rio (Di-Bernardo, Maneyro & Grillo, 2006; Abadie, 2015). Durante os eventos reprodutivos, a abundância dos indivíduos também difere localmente ao longo das margens rochosas, possivelmente em resposta a variáveis ambientais do micro-habitat local. Fora deste período, porém, há uma grande dificuldade de encontrar os indivíduos na natureza, uma vez que eles estão associados à mata ciliar adjacente aos sítios reprodutivos (Abadie, 2015).



FIGURA 1. *Melanophryniscus admirabilis* no seu hábitat natural (Perau de Janeiro, Arvorezinha, Rio Grande do Sul).

Desenvolver projetos de pesquisa sobre a biologia reprodutiva e o uso do habitat, assim como para a busca por novas áreas de ocorrência potencial da espécie, são metas de prioridade essencial do Plano de Ação Nacional para Conservação de Anfíbios e Répteis Ameaçados de Extinção do Sul do Brasil (Brasil, 2012). Identificar as características adequadas ao uso dos sítios reprodutivos, portanto, pode se constituir em um passo fundamental para o estabelecimento de estratégias de manejo e conservação da espécie ao longo da sua área de distribuição, bem como auxiliar na busca por outros locais de possível ocorrência dos indivíduos. A partir disso, consideramos que características relacionadas à disponibilidade de água (como a área, profundidade e exposição à radiação solar das poças) e ao risco de inundação pela água do rio (como a distância das poças à mata ciliar), assim como a presença ou ausência de competidores, o substrato para a fixação das desovas e o substrato de fundo das poças, podem estar associadas ao uso do sítio de oviposição pela espécie, uma vez que podem

afetar as condições ideais ao desenvolvimento das desovas em anfíbios (e.g. Stumpel & van der Voet, 1998; Burne & Griffin, 2005; Kopp, Wachlevski & Eterovick, 2006; Afonso & Eterovick, 2007; Vasconcelos *et al.*, 2009; Pereyra, Lescano & Leynaud, 2011).

#### **OBJETIVO GERAL:**

Esta dissertação teve como principal objetivo compreender a seleção e o uso do habitat reprodutivo em escala fina pelo sapinho-admirável-de-barriga-vermelha *Melanophryniscus admirabilis*, a fim de gerar ferramentas para a conservação e para a busca por possíveis outras áreas de ocorrência da espécie.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- 1) Identificar se os fatores ambientais (área, profundidade, exposição à radiação solar, distância à mata ciliar, presença ou ausência de competidores, substrato para fixação das desovas e substrato de fundo das poças) estão relacionados com a seleção das poças para oviposição;
- 2) Identificar a relação das características das poças (área, profundidade, distância à mata ciliar, substrato para a fixação das desovas e substrato de fundo das poças) com a quantidade de ovos depositados.

Devido à lacuna generalizada de conhecimento sobre a seleção e uso do habitat em escala local para os anfíbios de Mata Atlântica, consideramos que há um alto potencial de replicação deste estudo em outras espécies, visando incentivar a criação e o aperfeiçoamento de estratégias mais refinadas para a conservação dos anfíbios anuros na Mata Atlântica.

## REFERÊNCIAS

- Abadie, M. (2015). *Conservação do sapinho-admirável-de-barriga-vermelha, Melanophryniscus admirabilis (Anura: Bufonidae): Estudo de ecologia populacional*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Afonso, L. G. & Eterovick, P. C. (2007). Microhabitat choice and differential use by anurans in forest streams in southeastern Brazil. *J. Nat. Hist.* **41**, 937–948.
- Becker, C. G., Fonseca, C. R., Haddad, C. F. B. & Prado, P. I. (2010). Habitat split as a cause of local population declines of amphibians with aquatic larvae: Contributed paper. *Conserv. Biol.* **24**, 287–294.
- Becker, C. G., Fonseca, C. R., Haddad, C. F. B., Batista, R. F. & Prado, P. I. (2007). Habitat split and the global decline of amphibians. *Science* **318**, 1775–1777.
- Boscolo, D. & Paul Metzger, J. (2011). Isolation determines patterns of species presence in highly fragmented landscapes. *Ecography* **34**, 1018–1029.
- Brasil. (2012). Plano de Ação Nacional para Conservação de Anfíbios e Répteis Ameaçados de Extinção da Região Sul do Brasil - PAN Herpetofauna do Sul.
- Burne, M. R. & Griffin, C. R. (2005). Habitat associations of pool-breeding amphibians in eastern Massachusetts, USA. *Wetl. Ecol. Manag.* **13**, 247–259.
- Caorsi, V. Z., Colombo, P., Freire, M. D., Amaral, I. B., Zank, C., Borges-martins, M. & Grant, T. (2014). Natural history, coloration pattern and conservation status of the threatened South Brazilian red bellied toad, *Melanophryniscus macrogranulosus* Braun, 1973 (Anura, Bufonidae). *Herpetol. Notes* **7**, 585–598.
- Ceballos, G., Ehrlich, P. R. & Dirzo, R. (2017). Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **114**, E6089–E6096.
- Collins, J. P. & Crump, M. L. (2009). *Extinction in our times: global amphibian decline*. 1st ed. Oxford: Oxford University Press.
- Cushman, S. A. & McGarigal, K. (2004). Hierarchical analysis of forest bird species–environment relationships in the Oregon Coast Range. *Ecol. Appl.* **14**, 1090–1105.

- Da Silva, F. R., Do Prado, V. H. M. & Rossa-Feres, D. D. C. (2011). Value of small forest fragments to amphibians. *Science* **332**, 1033–1033.
- Daly, J. W., Spande, T. F. & Garraffo, H. M. (2005). Alkaloids from amphibian skin: A tabulation of over eight-hundred compounds. *J. Nat. Prod.* **68**, 1556–1575.
- Di-Bernardo, M., Maneyro, R. & Grillo, H. (2006). New species of *Melanophryniscus* (Anura: Bufonidae) from Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *J. Herpetol.* **40**, 261–266.
- Dunning, J. B., Danielson, B. J. & Pulliam, H. R. (1992). Ecological processes that affect populations in complex landscapes. *Oikos* **65**, 169–175.
- Fonte, L. F. M. da, Abadie, M., Mendes, T., Zank, C. & Borges-Martins, M. (2014). The times they are a-changing: How a multi-institutional effort stopped the construction of a hydroelectric power plant that threatened a Critically endangered red-belly toad in southern Brazil. *FrogLog* **22**, 18–21.
- Frost, D. R. (2019). Amphibian species of the world: an online reference. Version 6.0. American Museum of Natural History, New York, USA. <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/>. Downloaded on 05 June 2019.
- González-del-Pliego, P., Freckleton, R. P., Edwards, D. P., Koo, M. S., Scheffers, B. R., Pyron, R. A. & Jetz, W. (2019). Phylogenetic and trait-based prediction of extinction risk for data-deficient amphibians. *Curr. Biol.* **29**, 1557-1563.
- Gorosito, I. L., Bermúdez, M. M., Douglass, R. J. & Busch, M. (2016). Evaluation of statistical methods and sampling designs for the assessment of microhabitat selection based on point data. *Methods Ecol. and Evolution* **7**, 1316–1324.
- Haddad, C. F. B. & Prado, C. P. A. (2005). Reproductive modes of the Atlantic forest frogs. *Bioscience* **55**, 208–217.
- Hassell, M. P. (1987). Detecting regulation in patchily distributed animal populations. *J. Anim. Ecol.* **56**, 705–713.
- Hofstetter, H., Dusseldorp, E., Zeileis, A. & Schuller, A. A. (2016). Modeling caries



- experience: Advantages of the use of the Hurdle model. *Caries Res.* **50**, 517–526.
- ICMBio. (2014). Lista das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção (Portaria MMA nº 444/2014). [http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-plano-de-acao/00-saiba-mais/04\\_-PORTARIA\\_MMA\\_N%C2%BA\\_444\\_DE\\_17\\_DE\\_DEZ\\_DE\\_2014.pdf](http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-plano-de-acao/00-saiba-mais/04_-PORTARIA_MMA_N%C2%BA_444_DE_17_DE_DEZ_DE_2014.pdf). Downloaded on 07 June 2019.
- ICMBio. (2018). Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. *Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção*. 1st ed. Brasília: ICMBio/MMA.
- IUCN. (2013). IUCN SSC Amphibian Specialist Group 2013. *Melanophryniscus admirabilis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T135993A44846478. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-2.RLTS.T135993A44846478.en>. Downloaded on 10 June 2019.
- IUCN. (2019). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2019-2. <https://www.iucnredlist.org>. Downloaded on 07 June 2019.
- Jacquemyn, H., Brys, R. & Hermy, M. (2002). Patch occupancy, population size and reproductive success of a forest herb (*Primula elatior*) in a fragmented landscape. *Oecologia* **130**, 617–625.
- Jeckel, A. M., Grant, T. & Saporito, R. A. (2015). Sequestered and synthesized chemical defenses in the poison frog *Melanophryniscus moreirae*. *J. Chem. Ecol.* **41**, 505–512.
- Kopp, K., Wachlewski, M. & Eterovick, P. C. (2006). Environmental complexity reduces tadpole predation by water bugs. *Can. J. Zool.* **84**, 136–140.
- Krishnamurthy, S. V. (2003). Amphibian assemblages in undisturbed and disturbed areas of Kudremukh National Park , central Western Ghats , India. *Environ. Conserv.* **30**, 274–282.
- Kwet, A., Maneyro, R., Zillikens, A. & Mebs, D. (2005). Advertisement calls of *Melanophryniscus dorsalis* (Mertens, 1933) and *M. montevidensis* (Philippi, 1902), two parapatric species from southern Brazil and Uruguay, with comments on

- morphological variation in the *Melanophryniscus stelzneri* group (Anura: Bufon.). *Salamandra* **41**, 1–18.
- Lemckert, F. & Brassil, T. (2000). Movements and habitat use of the endangered giant barred river frog (*Mixophyes iteratus*) and the implications for its conservation in timber production forests. *Biol. Conserv.* **96**, 177–184.
- Lemckert, F. & Mahony, M. (2006). Correlations between frogs and pond attributes in central New South Wales, Australia: What makes a good pond? *Appl. Herpetol.* **3**, 67–81.
- Monteiro-Filho, E. L. de A. & Conte, C. E. (2017). *Revisões em Zoologia: Mata Altântica*. 1st ed. Série pesquisa. Curitiba: UFPR.
- Mullahy, J. (1986). Specification and testing of some modified count data models. *J. Econom.* **33**, 341–365.
- Murphy, P. J. (2003). Does reproductive site choice in a neotropical frog mirror variable risks facing offspring? *Ecol. Monogr.* **73**, 45–67.
- Pearman, P. B. & Wilbur, H. M. (1990). Changes in population dynamics resulting from oviposition in a subdivided habitat. *Am. Nat.* **135**, 708–723.
- Pereyra, L. C., Lescano, J. N. & Leynaud, G. C. (2011). Breeding-site selection by red-belly toads, *Melanophryniscus stelzneri* (Anura: Bufonidae), in Sierras of Córdoba, Argentina. *Amphibia-Reptilia* **32**, 105–112.
- Ribeiro, M. C., Metzger, J. P., Martensen, A. C., Ponzoni, F. J. & Hirota, M. M. (2009). The Brazilian Atlantic forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biol. Conserv.* **142**, 1141–1153.
- Santos, R. R. & Grant, T. (2011). Diel pattern of migration in a poisonous toad from Brazil and the evolution of chemical defenses in diurnal amphibians. *Evol. Ecol.* **25**, 249–258.
- Semlitsch, R. D. (2003). *Amphibian conservation*. 1st ed. Washington, D.C.: Smithsonian Books.
- Soares, C. & Brito, J. C. (2007). Environmental correlates for species richness among

- amphibians and reptiles in a climate transition area. *Biodivers. Conserv.* **16**, 1087–1102.
- Stuart, S., Hoffmann, M., Chanson, J., Cox, N., Berridge, R., Ramani, P. & Young, B. (2008). *Threatened amphibians of the world*. Barcelona: Lynx Edicions, Gland: IUCN and Arlington: Conservation International.
- Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A., Young, B. E., Rodrigues, A. S. L., Fischman, D. L. & Waller, R. W. (2004). Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science* **306**, 1783–1786.
- Stumpel, A. H. P. & van der Voet, H. (1998). Characterizing the suitability of new ponds for amphibians. *Amphibia-Reptilia* **19**, 125–142.
- Van Buskirk, J. (2005). Local and landscape influence on amphibian occurrence and abundance. *Ecology* **86**, 1936–1947.
- Vasconcelos, T. S., Santos, T. G., Rossa-Feres, D. C. & Haddad, C. F. . (2009). Influence of the environmental heterogeneity of breeding ponds on anuran assemblages from southeastern Brazil. *Can. J. Zool.* **87**, 699–707.
- Walther, G.-R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J. C., Fromentin, J.-M., Hoegh-Guldberg, O. & Bairlein, F. (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature* **416**, 389–395.
- Wiens, J. A. (1989). Spatial scaling in ecology. *Funct. Ecol.* **3**, 385–397.
- Zank, C., Becker, F. G., Abadie, M., Baldo, D., Maneyro, R. & Borges-Martins, M. (2014). Climate change and the distribution of neotropical red-bellied toads (*Melanophryniscus*, Anura, Amphibia): How to prioritize species and populations? *PLoS One* **9**, e94625.
- Zuur, A. F., Ieno, E. N., Walker, N., Saveliev, A. A. & Smith, G. M. (2009). *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. Vol. 32. New York: Springer.

**NOTA:** Para as dissertações de Mestrado que forem apresentadas em forma artigo, o Programa de Pós-graduação em Biologia Animal estabelece que o manuscrito seja colocado nas normas editoriais exigidas pelo periódico científico escolhido para publicação. A fim de facilitar a leitura, as tabelas, figuras e legendas foram incluídas ao longo do texto e não ao final, como é usualmente solicitado para submissão. Este manuscrito foi formatado conforme as normas da revista **ANIMAL CONSERVATION**.

**POR QUE AQUI E NÃO ALI? SELEÇÃO DO HABITAT REPRODUTIVO PELO SAPINHO-  
ADMIRÁVEL-DE-BARRIGA-VERMELHA, UMA ESPÉCIE MICROENDÊMICA E CRITICAMENTE  
AMEAÇADA.**

**Debora Wolff Bordignon<sup>1</sup>**, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves 9500, Porto Alegre, Brasil. E-mail: [deborawbordignon@gmail.com](mailto:deborawbordignon@gmail.com).

**Michelle Abadie**, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves 9500, Porto Alegre, Brasil. E-mail: [abadie.mi@gmail.com](mailto:abadie.mi@gmail.com).

**Gabriel Selbach Hofmann**, Programa de Pós-Graduação em Avaliação de Impactos Ambientais, Universidade La Salle, Av. Victor Barreto, 2288, Canoas, Brasil. E-mail: [hofmann.gabriel@gmail.com](mailto:hofmann.gabriel@gmail.com).

**Murilo Guimarães**, Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves 9500, Porto Alegre, Brasil. E-mail: [mu.guima@gmail.com](mailto:mu.guima@gmail.com).

**Márcio Borges-Martins**, Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves 9500, Porto Alegre, Brasil. E-mail: [borges.martins@ufrgs.br](mailto:borges.martins@ufrgs.br).

---

Título curto: Seleção de habitat reprodutivo pelo sapinho-admirável-de-barriga-vermelha.

<sup>1</sup> Autor para correspondência: [deborawbordignon@gmail.com](mailto:deborawbordignon@gmail.com)

## 1 RESUMO

2 Informações em escala fina sobre o uso do habitat reprodutivo em anfíbios permitem  
3 um planejamento mais detalhado de estratégias de conservação e manejo. Tais  
4 informações se tornam ainda mais relevantes para espécies ameaçadas de extinção,  
5 como o sapinho-admirável-de-barriga-vermelha, *Melanophryniscus admirabilis*, uma  
6 espécie microendêmica e criticamente ameaçada da Mata Atlântica do sul do Brasil. Até  
7 o momento, sua distribuição conhecida se restringe a um pequeno trecho nas margens  
8 rochosas de um rio, onde os indivíduos utilizam poças temporárias durante a  
9 reprodução. A fim de determinar quais características ambientais influenciam a seleção  
10 dos sítios de oviposição pelos indivíduos em escala fina, nós medimos diferentes  
11 preditores ambientais em 96 poças durante uma estação reprodutiva. Utilizando  
12 modelos Hurdle, encontramos que a profundidade, a distância das poças à mata ciliar  
13 adjacente à área reprodutiva, o substrato de fundo e o fator de visibilidade do céu das  
14 poças foram preditores significativos da seleção dos sítios de oviposição. Já a área e a  
15 distância das poças à mata ciliar foram preditores significativos do número de ovos  
16 depositados. Nossos resultados demonstram que a espécie seleciona os sítios de  
17 oviposição com base em condições específicas para a desova e para o investimento no  
18 número de ovos. Essas informações são importantes para busca por outros locais de  
19 possível ocorrência da espécie e para a conservação da sua única população conhecida.  
20 Por fim, demonstramos a importância de estudos sobre o uso do habitat em escala fina  
21 como subsídio indispensável para a identificação de áreas prioritárias e para a  
22 elaboração de estratégias de conservação adequadas para os anfíbios da Mata Atlântica.

23 *Palavras-chave:* *Melanophryniscus admirabilis*, Conservação de Anfíbios; Reprodução  
24 Explosiva; Oviposição; Modelos Hierárquicos.

25 **ABSTRACT**

26 Fine-scale information on the use of breeding sites is important for detailed  
27 conservation planning and management strategies. Such information is even more  
28 relevant for endangered species, such as the Admirable red-bellied toad  
29 *Melanophryniscus admirabilis*, a microendemic and critically endangered species from  
30 the Brazilian Atlantic Forest of southern Brazil. The Admirable red-bellied toad's  
31 distribution is restricted to a small portion of habitat, along a rocky banks of a river,  
32 where individuals use temporary pools during reproduction. In order to determine  
33 which environmental characteristics influence the selection of oviposition sites by  
34 individuals on a fine scale, we measured different environmental predictors in 96 pools  
35 during a reproductive season. Using Hurdle models, we found that water depth, pool  
36 distance to the riparian forest, substrate in the bottom and the pool sky view factor were  
37 significant predictors of oviposition site selection. The pool area and the distance to the  
38 riparian forest were significant predictors of the number of eggs deposited. Our results  
39 demonstrated that the species actively selects the oviposition sites and clutch size based  
40 on specific spawning conditions. Our results also provides important information for  
41 management actions and clues to look for species occurrence elsewhere, since this is  
42 the only known population. Finally, we showed the importance of fine-scale habitat use  
43 as an essential information for the identification of conservation priority areas for the  
44 amphibian species of Brazilian Atlantic Forest.

45

46 *Keywords:* *Melanophryniscus admirabilis*, Amphibian Conservation; Explosive  
47 Reproduction; Oviposition; Hierarchical Models.

## 48 INTRODUÇÃO

49           Informações sobre a seleção e o uso do habitat pelos organismos são essenciais  
50 para a compreensão da ecologia e dos padrões de distribuição das espécies (Gorosito *et*  
51 *al.*, 2016). Estes padrões, por sua vez, são consequências de processos que operam em  
52 múltiplas escalas de paisagem (Jacquemyn, Brys & Hermy, 2002; Cushman & McGarigal,  
53 2004). Em escalas amplas, a ocorrência das espécies é principalmente influenciada pelos  
54 processos de migração e dispersão dos indivíduos, ou pelos efeitos das mudanças  
55 climáticas a nível global (Dunning, Danielson & Pulliam, 1992; Walther *et al.*, 2002;  
56 Boscolo & Metzger, 2011). Já a partir de estudos em escalas finas ou locais, é possível  
57 identificar as características específicas de qualidade do habitat que são necessárias à  
58 manutenção das populações, bem como estimar os prováveis ambientes em que elas se  
59 encontram dentro dos seus domínios de distribuição (Wiens, 1989; Soares & Brito,  
60 2007). Neste sentido, a compreensão de como os indivíduos são influenciados pelas  
61 características do habitat a nível local pode ser o primeiro passo para o planejamento  
62 de estratégias efetivas de manejo e conservação das espécies, bem como das áreas a  
63 serem preservadas (Cushman & McGarigal, 2004; Van Buskirk, 2005; Soares & Brito,  
64 2007).

65           Os anfíbios são o grupo mais ameaçado entre os vertebrados, possuindo entre  
66 40% e 50% das suas espécies sob risco de extinção (Stuart *et al.*, 2004; González-del-  
67 Pliego *et al.*, 2019; IUCN, 2020). A maior parte das populações de anfíbios em declínio  
68 está concentrada nas Américas, com destaque para a região de Mata Atlântica Brasileira,  
69 considerada um dos hotspots de biodiversidade mundial (Myers *et al.*, 2000; Ceballos,  
70 Ehrlich & Dirzo, 2017). As mudanças climáticas, as contaminações químicas, a presença



71 de espécies invasoras e as doenças causadas por patógenos são consideradas como  
72 grandes ameaças a estes animais (Semlitsch, 2003; Stuart *et al.*, 2008; Collins & Crump,  
73 2009). Entretanto, as principais causas das extinções de anfíbios estão relacionadas  
74 principalmente à perda de habitat em escalas locais, o que pode resultar em alterações  
75 e/ou na fragmentação dos ambientes necessários a sua sobrevivência e reprodução  
76 (Stuart *et al.*, 2004; Becker *et al.*, 2007; Collins & Crump, 2009).

77 Diversas características ambientais locais, como o tamanho dos corpos d'água e  
78 a densidade de vegetação associada, determinam a disponibilidade e a heterogeneidade  
79 de habitats utilizados pelos anfíbios durante a reprodução (Burne & Griffin, 2005;  
80 Afonso & Eterovick, 2007; Vasconcelos *et al.*, 2009). A escolha destes locais afeta  
81 diretamente o sucesso reprodutivo dos indivíduos, uma vez que está relacionada às  
82 condições bióticas e abióticas sob as quais os seus descendentes irão se desenvolver  
83 (Resetarits & Wilbur, 1989; Crump, 1991; Marsh & Borrell, 2001; Rudolf & Rodel, 2005).  
84 Estudos a nível de micro-habitat reprodutivo de anuros, contudo, ainda são escassos, o  
85 que dificulta o desenvolvimento de estratégias de conservação específicas por meio da  
86 proteção ou do manejo de habitat destas espécies (Lemckert & Brassil, 2000;  
87 Krishnamurthy, 2003). Além disso, devido às crescentes ameaças causadas pela perda  
88 de habitat e à necessidade de áreas alagadas para a reprodução, a manutenção da  
89 qualidade local se torna ainda mais relevante para as espécies com distribuição restrita  
90 e/ou ameaçadas de extinção (Semlitsch, 2003; Becker *et al.*, 2007).

91 Os sapinhos-de-barriga-vermelha, do gênero *Melanophryniscus* GALLARDO,  
92 1961, apresentam distribuição geográfica exclusivamente neotropical e restrita ao  
93 sudeste da América do Sul (Zank *et al.*, 2014). O gênero é composto por 29 espécies

94 descritas até o momento, das quais 14 (50%) são endêmicas da Mata Atlântica  
95 (Monteiro-Filho & Conte, 2017; Frost, 2020). Entre as 24 espécies avaliadas pela União  
96 Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), oito estão em alguma categoria  
97 de ameaça e 10 se encontram como Quase Ameaçadas ou como Dados Insuficientes  
98 (IUCN, 2020). Informações sobre ecologia, biologia reprodutiva e história natural ainda  
99 são necessárias para a maioria destas espécies, e muitas ocorrem em áreas restritas e  
100 sob forte influência de impactos ambientais (Zank *et al.*, 2014; IUCN, 2020).

101 O sapinho-admirável-de-barriga-vermelha *Melanophryniscus admirabilis* Di-  
102 Bernardo, Maneyro & Grillo, 2006, é uma espécie endêmica do extremo sul da Mata  
103 Atlântica e com distribuição altamente restrita, classificada como Criticamente Em  
104 Perigo de extinção em nível global e regional (IUCN, 2013; Decreto Estadual Nº 51.797,  
105 2014; ICMBio, 2014, 2018). Até o momento, só existe uma população conhecida desses  
106 indivíduos, encontrada ao longo de um pequeno trecho nas margens rochosas do rio  
107 Forqueta, no sul do Brasil (IUCN, 2013; Fonte *et al.*, 2014). A espécie apresenta  
108 reprodução explosiva associada a fortes chuvas (Wells, 1977) com eventos de dois a três  
109 dias de duração que ocorrem dentro da estação reprodutiva, entre julho e dezembro  
110 (Abadie, 2015). Durante esse período, os indivíduos utilizam as poças formadas nas  
111 margens rochosas do rio para a postura dos ovos (Modo reprodutivo 1, de acordo com  
112 Haddad & Prado, 2005), e a disponibilidade destas poças varia conforme o regime das  
113 chuvas e o nível do rio (Di-Bernardo, Maneyro & Grillo, 2006; Abadie, 2015).

114 A partir de monitoramentos realizados na área de ocorrência de *M. admirabilis*  
115 desde 2010, observou-se que a abundância dos indivíduos difere localmente ao longo  
116 das margens do rio, possivelmente em resposta a variáveis ambientais de micro-habitat.

117 Neste sentido, acreditamos que características relacionadas à disponibilidade de água  
118 (como a área, profundidade e exposição à radiação solar das poças) e ao risco de  
119 inundação pela água do rio (como a distância das poças à mata ciliar), assim como a  
120 presença ou ausência de competidores, o substrato para a fixação das desovas e o  
121 substrato de fundo das poças podem estar associadas à seleção dos sítios de oviposição  
122 e ao investimento no número de ovos pela espécie. Tais fatores podem afetar as  
123 condições ideais ao desenvolvimento das desovas em anuros (e.g. Stumpel & van der  
124 Voet, 1998; Burne & Griffin, 2005; Kopp, Wachlevski & Eterovick, 2006; Afonso &  
125 Eterovick, 2007; Vasconcelos *et al.*, 2009; Pereyra, Lescano & Leynaud, 2011).

126 Identificar as características relacionadas à seleção dos sítios de oviposição por  
127 *M. admirabilis*, portanto, pode ser um passo fundamental para o estabelecimento de  
128 estratégias de manejo e conservação fiéis a realidade da espécie, bem como auxiliar a  
129 busca por possíveis outras áreas de ocorrência dos indivíduos. A partir disso, o principal  
130 objetivo deste estudo foi compreender a seleção de habitat reprodutivo em escala  
131 espacial fina para o sapinho-admirável-de-barriga-vermelha, visando identificar: (1) os  
132 fatores ambientais que estão relacionados à seleção das poças para oviposição; (2) a  
133 relação das características das poças com o número de ovos depositado.

134

## 135 **MÉTODOS**

### 136 *Área de estudo*

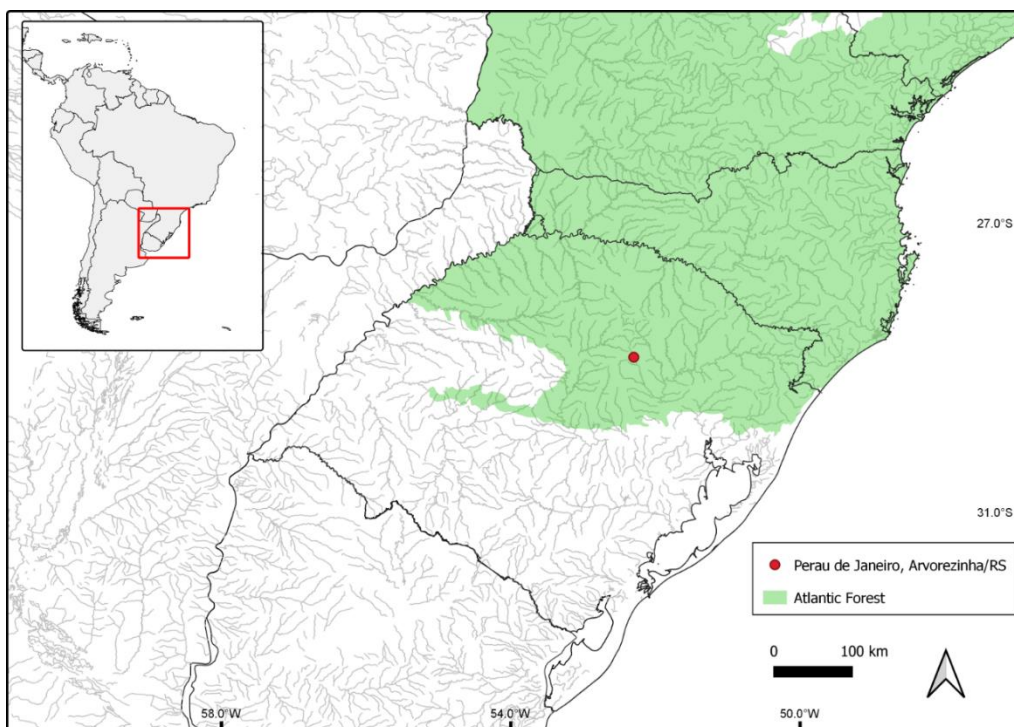
137 O sapinho-admirável-de-barriga-vermelha (Fig. 1a) ocorre no Perau de Janeiro  
138 (52°17'53"W, 28°51'14"S), em uma área de aproximadamente 0,22 km<sup>2</sup> em ambas as  
139 margens rochosas do Rio Forqueta, município de Arvorezinha, Rio Grande do Sul, Brasil

140 (Fig. 2). A área se encontra cerca de 550 m acima do nível do mar, em uma região de  
141 transição entre a Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Estacional Decidual, no extremo  
142 sul da Mata Atlântica (Leite & Klein, 1990). O clima Subtropical Úmido do tipo *Cfa*  
143 (temperado úmido com verão quente), segundo a Classificação Climática de Köppen,  
144 predomina na região (Köppen, 1931). A temperatura média anual registrada para a  
145 estação meteorológica mais próxima é de 17,4°C, sendo julho (média mensal de 14,7°C)  
146 o mês mais frio e janeiro (média mensal de 22°C) o mês mais quente (Wrege *et al.*, 2011).  
147 Durante os meses de inverno, não são raros os registros de temperaturas negativas na  
148 região (Moreno, 1961). As chuvas são bem distribuídas ao longo do ano e a pluviosidade  
149 anual registrada em Soledade é 1400 mm (FEPAM, 2013).

150 A área amostrada por este estudo compreende um trecho de cerca de 500 m de  
151 extensão ao longo da margem esquerda do rio Forqueta, o qual é utilizado pela espécie  
152 durante o seu período reprodutivo. Esta área é formada por lajedos rochosos, que  
153 variam entre aproximadamente 1,5 m e 9 m de largura, limitados de um lado pelo rio e  
154 do outro pela mata ciliar adjacente às encostas do Perau de Janeiro (Fig. 1b). As poças  
155 temporárias formadas ao longo destes lajedos servem como sítios de oviposição  
156 utilizados pelos indivíduos (Fig. 1c e Fig. 1d).



157 FIGURA 1. Área utilizada para reprodução por *Melanophryniscus admirabilis*, no Perau de  
 158 Janeiro, Arvorezinha, RS. a) Amplexo de *M. admirabilis* no seu habitat natural. b) Trecho do  
 159 ambiente reprodutivo da espécie. c) Poça utilizada para a oviposição; d) Desova da espécie.



160 FIGURA 2. Mapa mostrando a localização da única população conhecida de *Melanophryniscus*  
 161 *admirabilis* (ponto vermelho).

162 *Coleta dos dados*

163           Para garantir que toda a heterogeneidade do ambiente pudesse ser  
164 representada, nós dividimos a área amostral em 18 segmentos subsequentes,  
165 estabelecidos de acordo com uma maior semelhança entre si, não só quanto à área de  
166 lajedo exposto, mas também quanto à vegetação local disponível. Para cada um dos  
167 segmentos, mapeamos todas as poças disponíveis e sorteamos 1/5 delas para  
168 amostragem, totalizando 96 poças amostrais ao longo de toda a área. Cada uma delas  
169 foi identificada para reconhecimento posterior, ao longo das amostragens. Aqui,  
170 definimos como poças (ou sítios de oviposição) todas aquelas que apresentavam mais  
171 de 1cm de profundidade de água.

172           Realizamos um total de quatro campanhas de amostragem mensal com dois dias  
173 de duração cada, entre agosto e novembro de 2018, as quais tiveram no mínimo dez  
174 dias de diferença entre si. Para garantir que todas as desovas já estivessem disponíveis  
175 e em fase inicial durante os dias de amostragem, o início das campanhas ocorria sempre  
176 após o término da explosão reprodutiva dos indivíduos. Durante cada ocasião,  
177 fotografamos todas as desovas presentes nas poças, sob um fundo branco (Fig. 1d).  
178 Posteriormente, contamos o número de ovos com o auxílio do programa Image-J  
179 (Schneider *et al.*, 2012), onde cada um dos ovos recebeu uma marcação numerada,  
180 excluindo assim a possibilidade de dupla contagem. Para descartar a possibilidade de  
181 existirem erros de detecção na contagem dos ovos, enviamos 50 imagens aleatórias de  
182 desovas (aproximadamente 5% das fotos selecionadas) para outros três pesquisadores,  
183 que confirmaram o mesmo número de ovos. As desovas de uma campanha de  
184 amostragem não permaneceram disponíveis nas campanhas seguintes, devido à rápida  
185 eclosão dos ovos em girinos (aproximadamente 5 dias). Já a previsão dos eventos

186 reprodutivos foi possível graças a monitoramentos prévios e periódicos da espécie pelos  
 187 pesquisadores, ao longo da estação reprodutiva.

188 Para compreender tanto a presença/ausência quanto o número de ovos  
 189 depositados nas poças, mensuramos um total de oito variáveis preditoras (Tabela 1), as  
 190 quais foram baseadas em hipóteses oriundas do nosso conhecimento prévio sobre a  
 191 reprodução da espécie e em variáveis importantes para a reprodução de anfíbios anuros  
 192 em geral (e.g. Stumpel & van der Voet, 1998; Burne & Griffin, 2005; Kopp, Wachlevski &  
 193 Eterovick, 2006; Afonso & Eterovick, 2007; Vasconcelos *et al.*, 2009; Pereyra, Lescano &  
 194 Leynaud, 2011; Gonçalves, Crivellari & Conte, 2015).

195 TABELA 1. Acrônimos, descrição e hipóteses em relação às variáveis preditoras utilizadas para a  
 196 análise de seleção e uso das poças por *Melanophryniscus admirabilis*.

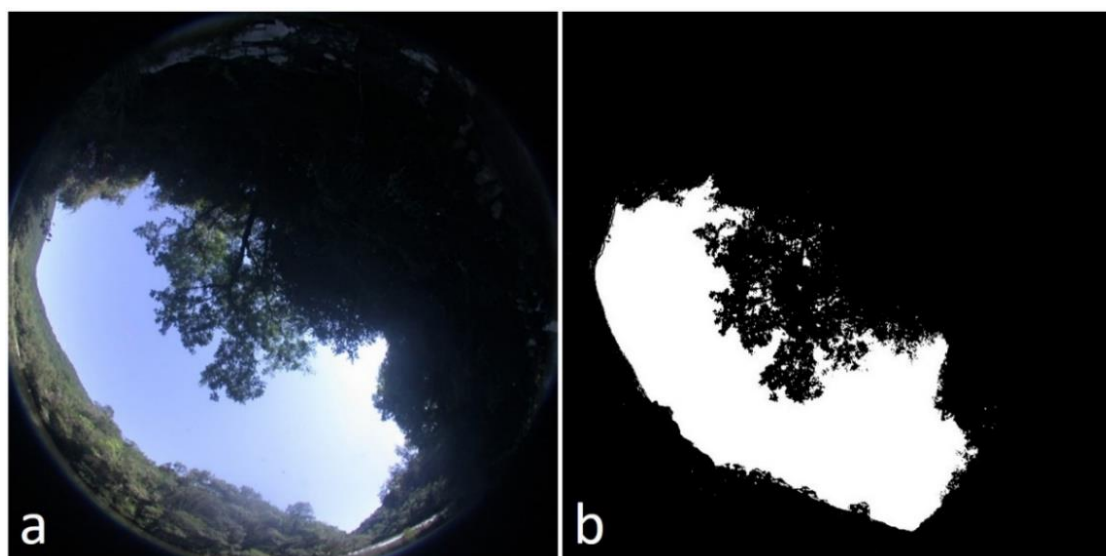
Variável/ (Acrônimo)	Descrição	Hipóteses
Área ( <i>area</i> )	Área das poças (m <sup>2</sup> ), calculada no programa Image J a partir de fotografias com escala de cada uma das poças.	Poças maiores contêm maior quantidade de recursos. Portanto, são mais selecionadas e apresentam maior número de ovos depositados.
Profundidade ( <i>prof</i> )	Profundidade máxima das poças (cm), obtida com uma régua no ponto mais profundo de cada poça.	Poças profundas contêm uma maior quantidade de recursos. Portanto, são mais selecionadas e apresentam maior número de ovos depositados.
Substrato de fundo ( <i>fund</i> )	Substrato predominante presente no fundo das poças, categorizado visualmente em areia, rocha ou matéria orgânica.	A composição do substrato de fundo está relacionada à qualidade da água. Portanto, a espécie apresenta diferenças na seleção entre eles.
Substrato para desova ( <i>desv</i> )	Proporção de substrato disponível para a fixação das desovas. Classificado visualmente em 5 categorias: 0%, 1-25%, 26-50%, 51-75% ou 76-100% da área das poças.	Poças com uma maior quantidade de substrato para a fixação das desovas, como folhas, frutos e galhos são mais selecionadas e apresentam maior número de ovos depositados.
Vegetação ( <i>vgt</i> )	Proporção de vegetação herbácea ou arbórea em um raio de 1m a partir do centro das poças. Classificada visualmente em 5 categorias: 0%, 1-25%, 26-50%, 51-75% ou 76-100%.	A vegetação associada às poças fornece abrigo e manutenção da umidade local. Poças com uma maior quantidade de vegetação associada são mais selecionadas.

Distância ( <i>dist</i> )	A menor distância entre o centro das poças e a mata ciliar adjacente ao lajedo (m), obtida com o auxílio de uma trena.	Poças mais próximas à mata apresentam menor risco de inundação. Portanto, são mais selecionadas e apresentam maior número de ovos depositados.
Fator de visibilidade do céu ( <i>fv</i> )	Porcentagem de céu visível (não-obstruído) em cada poça (mais detalhes na seção de Métodos).	Poças mais expostas a luz solar aceleram a metamorfose dos ovos. Porém, se esquentarem muito, secam. Poças com exposição intermediária, portanto, são mais selecionadas.
Competidores ( <i>cmp</i> )	Presença/ausência de ovos ou girinos de outras espécies nas poças.	Poças com ausência de competidores contem mais recursos e, portanto, são mais selecionadas.

197           O fator de visibilidade do céu (FVC - *Sky View Factor*) é um parâmetro  
198 comumente utilizado em estudos de trocas de energia, definido como a porcentagem  
199 de céu aberto em um local específico (Oke, 2002), independente da cobertura de  
200 nuvens, e que pode variar de zero (céu completamente obstruído) a 100 (céu  
201 completamente aberto) (Blennow, 1995; Chapman & Thornes, 2004). Aqui, utilizamos o  
202 FVC como uma medida indireta da radiação solar que pode incidir sobre cada poça e,  
203 portanto, como um proxy para a temperatura. Uma vez que a temperatura da água pode  
204 variar consideravelmente ao longo de um mesmo dia por consequência de diversos  
205 fatores, consideramos que a obtenção direta da temperatura da água das poças, no  
206 momento da amostragem, poderia não ser representativa do momento exato da  
207 postura dos ovos. Para o cálculo do FVC, obtivemos fotografias hemisféricas de cada  
208 uma das poças, a partir de uma câmera NIKON Coolpix 950 com uma lente “olho-de-  
209 peixe” FC8 acoplada (Fig. 3a). Antes de cada foto, a câmera foi posicionada no centro da  
210 poça sobre um tripé à aproximadamente 20-30 cm do solo, nivelada e orientada em  
211 relação ao Norte magnético. Posteriormente, utilizamos o programa Gap Light Analyzer  
212 (versão 2) para a análise das imagens. Cada uma das fotografias foi transformada em



213 uma imagem binária, preto-e-branco, para discriminar a porção de céu visível (FVC) e a  
214 fração obstruída, as quais foram calculadas a partir da razão entre o número de pixels  
215 de cada porção e o total de pixels da fotografia (expresso em porcentagem) (Fig. 3b).



216 FIGURA 3. a) Fotografia hemisférica sob uma das poças reprodutivas utilizadas por  
217 *Melanophryniscus admirabilis*. b) Imagem binária discriminando a porção de céu visível (branco)  
218 e a porção obstruída (preto) para o cálculo do fator de visibilidade do céu (FCV).

219

220 Todas as variáveis foram obtidas em todas as quatro ocasiões amostrais, com  
221 exceção da distância das poças à mata ciliar (*dist*) e do fator de visibilidade do céu (*fvc*),  
222 que foram calculadas apenas uma única vez. Embora as mesmas 96 poças tenham sido  
223 amostradas por quatro vezes, assumimos cada uma delas como uma unidade amostral  
224 diferente ao longo de cada evento reprodutivo (totalizando 384 unidades amostrais/  
225 observações), uma vez que a maioria das características ambientais selecionadas para  
226 as poças poderiam variar entre os eventos. Tendo em vista que não houve a presença  
227 de ovos ou girinos de outras espécies em nenhuma das poças amostradas, a variável  
228 competidores (*cmp*) foi excluída das análises. A fim de evitar a multicolinearidade e  
229 garantir independência, avaliamos a correlação entre as variáveis (Graham, 2003).

230

231 *Análise dos dados*

232           Para avaliar os fatores relacionados à seleção das poças e à quantidade de ovos  
233 depositados por *M. admirabilis*, construímos modelos lineares generalizados mistos  
234 (GLMMs) com o pacote glmmTMB, versão 0.2.3 (Magnusson *et al.*, 2019), no ambiente  
235 R, versão 3.3.3 (R Core Development Team 2017). Devido à sobredispersão dos dados  
236 causada pelo grande número de zeros verdadeiros nas observações amostrais  
237 (referentes às poças que não continham ovos), utilizamos a família de modelos de  
238 barreira (Hurdle, Two-Part ou Zero-Augmented Models – ZA; Mullahy, 1986). Estes  
239 modelos nos permitem ajustar os zeros e explicar a presença e ausência de ovos, bem  
240 como o número de ovos nas poças, em relação às variáveis obtidas.

241           Os modelos Hurdle (ZA) consistem em modelos hierárquicos de dois níveis:  
242 primeiro, os dados são considerados como binários (zeros e não-zeros), de forma que a  
243 probabilidade de um valor zero ser observado é modelada a partir de uma distribuição  
244 binomial (modelo zero-inflado). No segundo nível, as observações diferentes de zero  
245 (contagens) são analisadas a partir de um modelo Poisson truncado (ZAP) ou Binomial  
246 Negativo truncado (ZANB), isto é, as distribuições não podem produzir zeros (modelo  
247 condicional). Assim, os fatores que explicam a probabilidade de obtermos valores zero  
248 podem ser diferentes daqueles que explicam as contagens, de forma que a inclusão das  
249 variáveis pode se dar de maneira diferente em ambas as partes do modelo (Zuur *et al.*,  
250 2009; Hu, Pavlicova & Nunes, 2011).

251           No caso específico deste estudo, podemos assumir que existe um processo inicial  
252 explicando a presença/ausência de ovos nas poças e, uma vez que os ovos estão

253 presentes, há um segundo processo explicando o número de ovos depositado nas poças,  
254 de forma que:

$$255 \quad f_{ZA}(y; \beta, Y) = \begin{cases} f_z(y = 0; Y) & y = 0, \\ (1 - f_z(y = 0; Y)) \times \frac{f_c(y; \beta)}{1 - f_c(y = 0; \beta)} & y > 0 \end{cases}$$

256 onde  $f_z$  é uma função de probabilidades do valor da variável resposta  $y$  ser igual a zero,  
257 modelada com uma distribuição Binomial em função dos parâmetros de regressão  $Y$ , e  
258  $f_c$  é uma função de probabilidades do valor de  $y$  ser maior que zero (contagem), com  
259 distribuição Poisson ou Binomial Negativa, em função dos parâmetros de regressão  $\beta$ .  
260 Uma vez que o modelo condicional não produz zeros, a probabilidade de que o valor  
261 não seja zero ( $1 - f_z$ ) é multiplicada pela probabilidade das contagens (Zuur *et al.*, 2009;  
262 Hu, Pavlicova & Nunes, 2011; Hofstetter *et al.*, 2016). Para as estimativas do número de  
263 ovos, utilizamos a distribuição Binomial Negativa (ZANB), visto que além da  
264 sobredispersão causada pelo excesso de zeros, houve uma sobredispersão nos dados de  
265 contagem, a qual não é ajustada pela distribuição Poisson (Zuur *et al.*, 2009).

266 No total, construímos 20 modelos candidatos a partir das hipóteses definidas a  
267 *priori* (Tabela 1), com diferentes combinações das variáveis preditoras nos dois níveis de  
268 cada modelo. O modelo zero-inflado incluiu a área (*area*), profundidade (*prof*), substrato  
269 de fundo (*fund*), substrato para desova (*desv*), vegetação (*vegt*), distância (*dist*) e o fator  
270 de visibilidade do céu (função linear e quadrática; *fvc* e *fvc*<sup>2</sup>) como efeitos fixos, sem  
271 interação. A inclusão da função quadrática na variável *fvc* se deu a partir da hipótese de  
272 uma maior seleção de poças apresentando valores intermediários de fator de

273 visibilidade do céu (Tabela 1). Considerando que a relação das variáveis inseridas no  
274 segundo nível dos modelos está condicionada à presença dos ovos nas poças, o modelo  
275 condicional incluiu apenas as variáveis de área (*area*), profundidade (*prof*), substrato  
276 para desova (*desv*) e distância (*dist*), de acordo com as hipóteses levantadas (Tabela 1).  
277 A fim de indicar a independência das poças ao longo de todas as amostragens,  
278 adicionamos as poças como efeito aleatório ( $1/poça$ ) em ambos os níveis dos modelos.

279       Para a seleção dos modelos utilizamos o Critério de Informação de Akaike  
280 (*Akaike's Information Criterion* – AIC) e geramos as estimativas dos parâmetros a partir  
281 da média ponderada pelo peso de cada modelo (*model averaging*; Burnham &  
282 Anderson, 2002). As estimativas foram baseadas na máxima verossimilhança, com  
283 intervalo de confiança (IC) de 95%. Já para reportar graficamente a relação das variáveis  
284 explicativas com a variável resposta, utilizamos o modelo que apresentou o menor valor  
285 de AIC. O ajuste foi avaliado contrastando as previsões do melhor modelo simulado com  
286 os valores observados, utilizando o pacote DHARMA versão 0.1.6, e realizando o teste  
287 de bondade de ajuste (*goodness of fit*) de Kolmogorov-Smirnov no desvio dos resíduos  
288 da uniformidade (Hartig, 2018). As variáveis contínuas foram padronizadas (média zero,  
289 desvio padrão um) a fim de tornarmos os coeficientes comparáveis. Além disso, todas  
290 as correlações entre as variáveis ficaram abaixo do valor crítico de 0.7 sugerido por  
291 Green (1979). Considerando que a parte binomial do modelo Hurdle é descrita como a  
292 probabilidade ( $p$ ) da ausência de ovos nas poças, interpretamos os efeitos das variáveis  
293 preditoras sobre a probabilidade de presença de ovos como o inverso ( $1-p$ ), visando a  
294 melhor compreensão biológica dos resultados.

295 *Procedimentos éticos e legais:*

296 Este estudo foi autorizado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da  
297 Biodiversidade sob a licença do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade  
298 (SISBIO) número 40004-5 e está incluído como uma das ações do Plano de Ação Nacional  
299 para Conservação dos Anfíbios e Répteis Ameaçados da Região Sul do Brasil (Brasil,  
300 2012).

301

## 302 **RESULTADOS**

303 Contabilizamos um total de 3.058 desovas e 9.598 ovos de *M. admirabilis* ao  
304 longo das 384 observações (96 poças amostradas \* quatro campanhas amostrais).  
305 Destes, 14% (1.348 ovos) não estavam viáveis, possivelmente devido a falhas ocorridas  
306 durante a fecundação ou no início do desenvolvimento. As poças não apresentaram  
307 ovos em quase 60% das observações (218). Além disso, em outras duas observações, as  
308 poças estavam secas e, portanto, indisponíveis para a amostragem. Já o número de ovos  
309 nas poças com presença de desova (164) variou de um a 664. É importante ressaltar que  
310 o número de ovos e de desovas registrado nas amostragens pode não ter sido  
311 exatamente igual ao número depositado pelos indivíduos no momento da postura,  
312 devido às poças estarem expostas a diversos fatores ambientais.

313

314 *Seleção de modelos:*

315 Dos 20 modelos candidatos, dois foram mais parcimoniosos, diferindo apenas na  
316 inclusão ou não da variável área das poças (*area*) no nível do modelo zero-inflado,  
317 mantendo as mesmas variáveis no nível do modelo condicional (Tabela 2). O primeiro

318 modelo apresentou um peso de AIC de 0.47, e, o segundo, de 0.28. Juntos, esses dois  
 319 modelos foram responsáveis por 0.76 do peso do AIC. A diferença de  $\Delta$  AIC do primeiro  
 320 para o segundo modelo foi de 1.0, e, do primeiro para o segundo, foi de 1.9. Já a  
 321 diferença de  $\Delta$  AIC do primeiro para o terceiro melhor modelo foi de 2.9.

322  
 323 TABELA 2. Resultado da Seleção de Modelos para a análise de seleção e uso das poças por  
 324 *Melanophryniscus admirabilis*.  $Ovos\sim$ : relaciona as variáveis ao modelo condicional (número de  
 325 ovos);  $zi\sim$ : relaciona as variáveis ao modelo zero-inflado (presença ou ausência de ovos). AIC =  
 326 Critério de Informação de Akaike;  $\Delta$  AIC = diferença entre o primeiro modelo e o modelo atual;  
 327 AIC w = peso do modelo; k = número de parâmetros do modelo.

Modelos	AIC	$\Delta$ AIC	AIC w	k
$ovos\sim area+dist+(1 po\c{c}a), zi\sim fund+area+prof+dist+fvc+fvc^2+(1 po\c{c}a)$	1991.0	0.0	0.4763	14
$ovos\sim area+dist+(1 po\c{c}a), zi\sim fund+prof+dist+fvc+fvc^2+(1 po\c{c}a)$	1992.0	1.0	0.2845	13
$ovos\sim area+dist+(1 po\c{c}a), zi\sim area+prof+dist+fvc+fvc^2+(1 po\c{c}a)$	1993.9	2.9	0.1101	12
$ovos\sim area+prof+dist+(1 po\c{c}a),$ $zi\sim desov+fund+area+prof+dist+fvc+fvc^2+(1 po\c{c}a)$	1994.5	3.5	0.0843	16
$ovos\sim desv+area+(1 po\c{c}a), zi\sim desv+fund+prof+dist+fvc+fvc^2+(1 po\c{c}a)$	1997.4	6.4	0.0196	14
$ovos\sim desv+area+prof+dist+(1 po\c{c}a),$ $zi\sim vegt+desv+fund+area+prof+dist+fvc+fvc^2+(1 po\c{c}a)$	1997.8	6.8	0.0158	18
$ovos\sim desv+area+prof+(1 po\c{c}a), zi\sim area+prof+dist+fvc+fvc^2+(1 po\c{c}a)$	1999.0	8.0	0.0085	13
$ovos\sim area+prof+(1 po\c{c}a), zi\sim area+dist+fvc+fvc^2+(1 po\c{c}a)$	2006.4	15.4	<0.001	11
$ovos\sim area+prof+(1 po\c{c}a), zi\sim desv+prof+fvc+fvc^2+(1 po\c{c}a)$	2006.6	15.6	<0.001	11
$ovos\sim area+prof+(1 po\c{c}a), zi\sim desv+area+dist+fvc+fvc^2+(1 po\c{c}a)$	2008.4	17.4	<0.001	12
$ovos\sim desv+area+prof+(1 po\c{c}a), zi\sim vegt+fund+dist+fvc+fvc^2+(1 po\c{c}a)$	2011.8	20.8	<0.001	14
$ovos\sim desv+area+prof+(1 po\c{c}a), zi\sim fund+area+fvc+fvc^2+(1 po\c{c}a)$	2017.8	26.8	<0.001	13
$ovos\sim desv+prof+(1 po\c{c}a), zi\sim veg+fund+area+dist+fvc+fvc^2+(1 po\c{c}a)$	2020.5	29.6	<0.001	14
$ovos\sim area+prof+dist+(1 po\c{c}a), zi\sim desv+fund+dist+(1 po\c{c}a)$	2024.3	33.3	<0.001	12
$ovos\sim desv+area+dist+(1 po\c{c}a), zi\sim vegt+desv+fvc+fvc^2+(1 po\c{c}a)$	2026.2	35.2	<0.001	11
$ovos\sim area+prof+(1 po\c{c}a), zi\sim desv+fund+dist+(1 po\c{c}a)$	2026.3	35.3	<0.001	11
$ovos\sim area+prof+(1 po\c{c}a), zi\sim fund+area+prof+(1 po\c{c}a)$	2028.9	37.9	<0.001	11
$ovos\sim prof+(1 po\c{c}a), zi\sim fund+area+dist+(1 po\c{c}a)$	2029.3	38.3	<0.001	10
$ovos\sim desv+dist+(1 po\c{c}a), zi\sim vegt+fund+area+dist+(1 po\c{c}a)$	2035.3	44.3	<0.001	12
$ovos\sim 1+(1 po\c{c}a), zi\sim 1+(1 po\c{c}a)$	2076.9	85.9	<0.001	5

328 *Presença e ausência de ovos nas poças (modelo zero-inflado):*

329 A probabilidade da presença de ovos foi relacionada à profundidade da poça, à  
330 distância da poça à mata ciliar, ao fator de visibilidade do céu e ao substrato de fundo  
331 das poças. A profundidade máxima nas poças variou de 0.4 a 21.9 cm, de forma que a  
332 presença de ovos foi maior em poças mais profundas (efeito negativo sobre a ausência  
333 de ovos: -0.85, IC -1.39 – -0.30, Tabela 3, Fig. 4, Fig. 5a). A distância das poças até a mata  
334 ciliar variou de 0 a 6.4 m e a presença de ovos aumentou conforme as distâncias à mata  
335 diminuíram (efeito positivo sobre a ausência de ovos: 1.15; IC 0.45–1.85; Tabela 3; Fig.  
336 4, Fig. 5b). O fator de visibilidade do céu variou entre 4.4% e 48.8%, de forma que a  
337 presença de ovos foi maior em valores intermediários de obstrução do céu, como  
338 demonstrado pelo efeito da relação quadrática (que é positiva para a ausência de ovos:  
339 1.35, IC 0.47– 2.23, Tabela 3, Fig. 4, Fig. 5c). Em relação ao substrato de fundo  
340 predominante na poça, houve preferência de oviposição em poças que apresentavam  
341 fundo rochoso em relação à matéria orgânica (efeito negativo para a ausência de rocha:  
342 -1.96, IC -3.52–0.41, Tabela 3, Fig. 4). Porém, não houve diferença na preferência por  
343 substrato de fundo quando comparadas poças compostas por areia em relação à  
344 matéria orgânica, ou com areia em relação à rocha (Tabela 3, Fig. 4). As demais variáveis  
345 (área, substrato para desova e vegetação) não apresentaram efeito sobre a presença ou  
346 ausência de ovos (Tabela 3, modelo zero-inflado, Fig. 4).

347

348 *Número de ovos nas poças (modelo condicional):*

349 Uma vez que as poças foram selecionadas para a desova, a abundância de ovos  
350 foi relacionada à área e à distância das poças à mata ciliar. A área total das poças variou  
351 de 0.03 a 0.58 m<sup>2</sup> e apresentou efeito positivo sobre o número de ovos (0.45, IC 0.27–

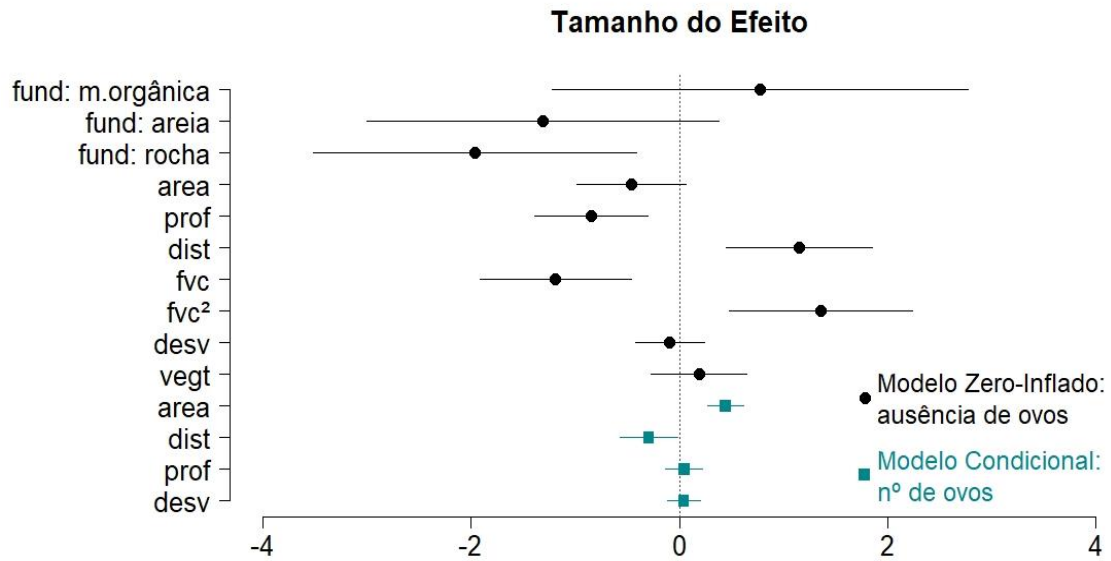
352 0.62, Tabela 3, Fig. 4, Fig. 5d). A distância apresentou efeito negativo (-0.29, IC -0.57—  
 353 0.02, Tabela 3, Fig. 4, Fig. 5e), de forma que quanto maior a área e quanto mais próxima  
 354 a poça da mata ciliar adjacente, maior o número de ovos presentes. As demais variáveis  
 355 (profundidade e substrato para desova) não apresentaram efeito sobre a quantidade de  
 356 ovos nas poças (Tabela 3, modelo condicional; Fig. 4).

357

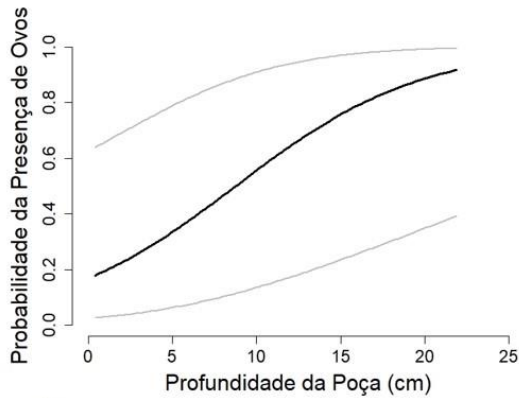
358 TABELA 3. Estimativas dos parâmetros resultantes da média ponderada pelo peso de cada  
 359 modelo na análise de seleção e uso das poças por *Melanophryniscus admirabilis*. O modelo zero-  
 360 inflado explica a relação das variáveis com a probabilidade de ausência de ovos nas poças.  
 361 Portanto, a relação com a presença deve ser interpretada com o sinal inverso. O modelo  
 362 condicional relaciona o número de ovos nas poças de acordo com as variáveis. \*Indica que o  
 363 intervalo de confiança (IC) de 95% não se sobrepõe a 0.

Parâmetro	Média	Erro Padrão	95% IC
Modelo zero-inflado:			
<i>fund.materiaorganica</i>	0.78	1.02	(-1.22, 2.77)
<i>fund.areia</i>	-1.31	0.86	(-3.00, 0.38)
<i>fund.rocha</i>	-1.96*	0.79	(-3.52, -0.41)
<i>area</i>	-0.46	0.27	(-0.99, 0.07)
<i>prof</i>	-0.85*	0.28	(-1.39, -0.30)
<i>dist</i>	1.15*	0.36	(0.45, 1.85)
<i>fvc</i>	-1.19*	0.37	(-1.92, -0.46)
<i>fvc<sup>2</sup></i>	1.35*	0.45	(0.47, 2.23)
<i>desv</i>	-0.09	0.17	(-0.42, 0.24)
<i>vegt</i>	0.04	0.24	(-0.28, 0.65)
Modelo condicional:			
(Intercepto)	3.58*	0.11	(3.38, 3.79)
<i>area</i>	0.45*	0.09	(0.27, 0.62)
<i>dist</i>	-0.29*	0.14	(-0.57, -0.02)
<i>prof</i>	0.04	0.09	(-0.13, 0.22)
<i>desv</i>	0.04	0.08	(-0.12, 0.20)

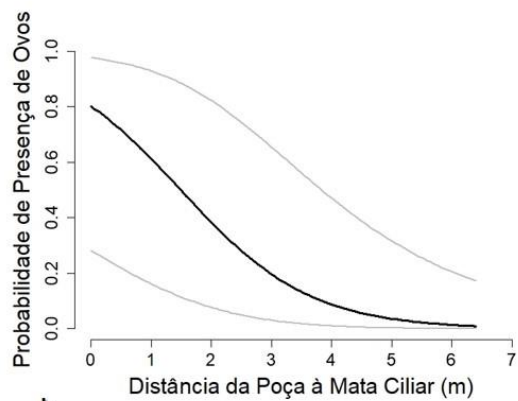




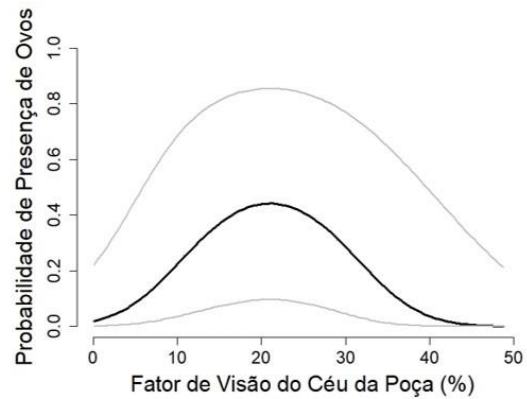
364 FIGURA 4. Tamanho do efeito das variáveis explicativas em relação à seleção e uso das poças  
 365 por *Melanophryniscus admirabilis*. O modelo zero-inflado relaciona o efeito das variáveis com a  
 366 probabilidade de ausência de ovos nas poças. Portanto, a relação com a presença deve ser  
 367 interpretada com o sinal inverso. O modelo condicional relaciona as variáveis com o número de  
 368 ovos nas poças. Os coeficientes foram gerados a partir do modelo médio e são dados em escala  
 369 *logit*. Os pontos representam as estimativas e as barras correspondem ao intervalo de confiança  
 370 de 95% (IC). A significância estatística é aceita quando o IC não se sobrepõe a 0.



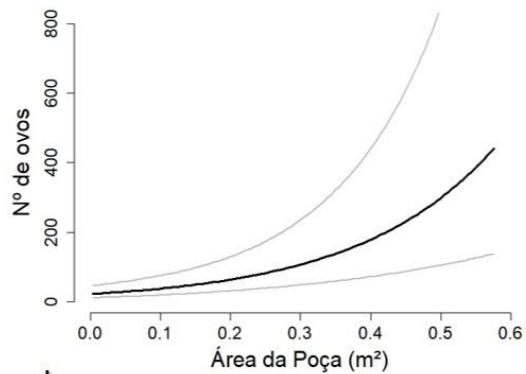
a



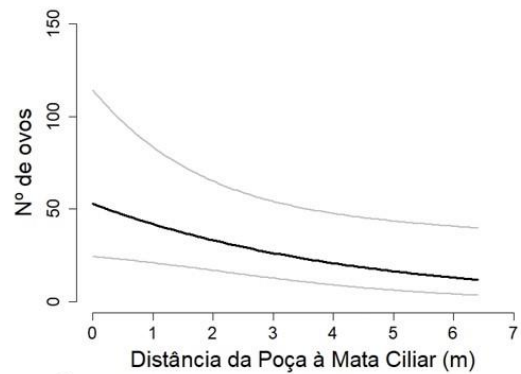
b



c



d



e

371 FIGURA 5. Efeito das variáveis explicativas em relação à seleção e uso das poças por  
 372 *Melanophryniscus admirabilis*. Os gráficos a, b e c correspondem à probabilidade da presença  
 373 de ovos em relação à (a) profundidade da água, (b) distância das poças à mata ciliar adjacente  
 374 ao sítio de oviposição e (c) fator de visibilidade do céu (FVC). Os gráficos d e e correspondem ao  
 375 número de ovos presente nas poças em relação à (d) área das poças e (e) distância das poças à  
 376 mata ciliar. As linhas pretas correspondem à média estimada e as linhas cinza correspondem ao  
 377 intervalo de confiança de 95%.

## 378 **DISCUSSÃO**

379           Nossos resultados demonstraram que os indivíduos adultos de *M. admirabilis*  
380 parecem selecionar as poças para a deposição de ovos com base em diferentes  
381 características abióticas, buscando condições específicas para as desovas. Poças com  
382 fundo rochoso, mais profundas, com moderada exposição ao sol e mais próximas à mata  
383 ciliar apresentaram maior probabilidade de presença de ovos. Já em relação à  
384 quantidade de ovos depositados, os indivíduos parecem priorizar a busca por poças  
385 maiores e mais próximas à mata.

386           Para as espécies com reprodução explosiva, como *M. admirabilis*, o habitat após  
387 fortes chuvas passa a oferecer uma gama de locais temporários para a desova, dispendo  
388 de um amplo espectro de poças com diferentes profundidades (Wells, 1977). Nestes  
389 ambientes, a dessecação das poças é considerada como uma das principais causas de  
390 mortalidade dos girinos, de forma que a profundidade, bem como área superficial e a  
391 exposição à radiação solar das poças são características decisivas para a disponibilidade  
392 de água nos sítios de oviposição (Wilbur, 1987; Spieler & Linsenmair, 1997; Burne &  
393 Griffin, 2005; Rudolf & Rodel, 2005). Tendo em vista que a metamorfose completa de  
394 *M. admirabilis* dura entre 20 e 25 dias (*obs.pessoal*), a escolha por desovar em poças  
395 mais profundas pode garantir a permanência dos recursos necessários para que os ovos  
396 se desenvolvam e os indivíduos migrem antes que a poça seque completamente.  
397 Associado a isso, uma vez que a espécie seleciona os sítios de oviposição com base nas  
398 condições ideais para a desova, é de se esperar que as poças adequadas com uma maior  
399 área de superfície também apresentassem um maior número de ovos depositados. Aqui,  
400 ressaltamos que a profundidade máxima das poças foi de 21.9 cm e a área máxima foi  
401 de 0.58 m<sup>2</sup>. Portanto, nos referimos a essa faixa de tamanhos quando falamos em poças

402 maiores no ambiente reprodutivo de *M. admirabilis*. Embora sítios maiores possam ser  
403 mais favoráveis à competição interespecífica por espaço ou recurso (Wilbur, 1987;  
404 Burne & Griffin, 2005), não houve presença de ovos ou girinos de outras espécies nas  
405 poças amostradas. Além do sapinho-admirável-de-barriga-vermelha, apenas uma única  
406 espécie de rã (*Limnomedusa macroglossa*) utiliza as poças formadas no lajedo local para  
407 a deposição dos ovos, os quais foram avistados somente onde não havia a presença de  
408 ovos ou girinos de *M. admirabilis*.

409           Do mesmo modo, a ausência de ovos em poças onde o céu está pouco ou muito  
410 obstruído está, muito provavelmente, relacionada com a quantidade de radiação solar  
411 que incide nas poças ao longo do dia, e, portanto, com a temperatura que a água no seu  
412 interior pode atingir. Diversos estudos demonstram que a temperatura da água  
413 influencia diretamente o crescimento e a taxa de desenvolvimento dos girinos (Kollros,  
414 1961; Smith-Gill & Berven, 1979; Smith, 1983; Wilbur, 1987; Hayes, Chan & Licht, 1993).  
415 Em baixas temperaturas, o tempo de desenvolvimento dos ovos é maior, aumentando  
416 o tempo de exposição a predadores e competidores ao longo deste processo (Kollros,  
417 1961; Smith-Gill & Berven, 1979). Por outro lado, embora poças mais aquecidas possam  
418 acelerar a metamorfose larval devido à absorção de calor, aumentos na temperatura  
419 também podem levar à evaporação de água quando a exposição ao sol é alta (Smith-Gill  
420 & Berven, 1979; Duellman & Trueb, 1986). Portanto, evitar locais muito sombreados ou  
421 onde o acúmulo de água é efêmero pode ser fundamental para garantir as condições  
422 necessárias ao desenvolvimento dos girinos (Smith, 1983; Wilbur, 1987).

423           Nossos resultados também demonstram que as poças mais próximas à mata  
424 apresentaram tanto maior probabilidade de conter desovas quanto uma maior

425 abundância de ovos, o que pode estar associado a diferentes fatores. Durante os  
426 eventos reprodutivos, algumas vezes os casais em amplexo de *M.admirabilis* se  
427 deslocam entre uma poça e outra, desovando em mais de um sítio de oviposição, e  
428 variando o número de ovos depositados em cada um (*dados não publicados*). Uma vez  
429 que a área reprodutiva de *M. admirabilis* é limitada de um lado pela mata ciliar e do  
430 outro pela margem do rio, as poças mais próximas à mata tendem a ser menos  
431 suscetíveis ao risco de alagamento pelas cheias do rio, o que poderia provocar a perda  
432 de ovos e de girinos. Além disso, mesmo que os indivíduos sejam encontrados ao longo  
433 do lajedo durante a reprodução, eles migram para a mata ciliar adjacente fora do  
434 período reprodutivo (Abadie, 2015). Quanto mais próxima é a poça da mata ciliar, menor  
435 é a distância a ser percorrida tanto pelos indivíduos adultos quanto pelos jovens recém  
436 metamorfoseados quando saem das poças. Portanto, a escolha pela deposição de ovos  
437 em poças mais próximas da mata ciliar também pode representar uma redução do risco  
438 de predação durante a migração.

439        Quanto ao substrato de fundo dos sítios, os indivíduos apresentaram preferência  
440 por ovipositar em poças compostas predominantemente por rocha em relação à  
441 matéria orgânica. Contudo, o mesmo não ocorreu quando comparadas poças com rocha  
442 em relação a poças com areia, ou com areia em relação à matéria orgânica. Este  
443 resultado contrasta com o padrão encontrado por um estudo realizado com *M. stelzneri*  
444 em sítios reprodutivos na Argentina, onde a espécie não apresentou preferência por  
445 nenhum dos substratos de fundo, os quais foram classificados em lama, rocha ou  
446 presença de ambos (Pereyra, Lescano & Leynaud, 2011). A diferença na seleção das  
447 poças em relação ao substrato de fundo pode estar associada a fatores específicos de  
448 qualidade da água (como pH e oxigênio dissolvido), os quais também podem afetar o

449 desenvolvimento e a sobrevivência dos girinos (Warner, Travis & Dunson, 1993; Lane,  
450 Hamer & Mahony, 2007).

451 Embora a seleção e o uso dos sítios por *M. admirabilis* não tenha sido relacionada  
452 com a proporção de vegetação e de substrato para a desova (Tabela 3, Fig. 4), o lajedo  
453 utilizado pela espécie durante a reprodução é caracterizado pela presença de vegetação  
454 ao longo de toda a sua extensão, de forma que praticamente todas as poças amostradas  
455 (96%) apresentaram esses fatores em algum nível. Assim, acreditamos que apenas a  
456 presença de vegetação e de substrato para desova por si só, independentemente da  
457 quantidade, já possam ser um fator condicional para a seleção dos sítios de oviposição  
458 pelos indivíduos. A vegetação associada aos sítios e a presença de substratos como  
459 folhas, galhos e pequenos frutos dentro das poças podem fornecer abrigo, alimento e  
460 fixação para as desovas (Egan & Paton, 2004; Burne & Griffin, 2005; Kopp, Wachlevski &  
461 Eterovick, 2006; Lane, Hamer & Mahony, 2007). Em estudos com *M. stelzneri* e *M.*  
462 *montevidensis*, por exemplo, os indivíduos apresentaram preferência por corpos d'água  
463 com maior densidade de vegetação, o que está provavelmente associado com a  
464 diminuição do risco de dessecação dos sítios e com a proteção contra predadores  
465 (Pereyra, Lescano & Leynaud, 2011; Pereira & Maneyro, 2016).

466 Neste contexto, a escolha dos sítios de oviposição pelos anuros pode ter um forte  
467 impacto no sucesso reprodutivo dos indivíduos, na distribuição das espécies e na  
468 dinâmica populacional local, uma vez que está associada às características específicas  
469 de qualidade do habitat necessárias ao desenvolvimento dos ovos e girinos e, por  
470 consequência, à sobrevivência das populações (Hassell, 1987; Pearman & Wilbur, 1990;  
471 Van Buskirk, 2005). Tendo em vista que os indivíduos de *M. admirabilis* não utilizam

472 todas as poças disponíveis dentro da sua pequena extensão de distribuição, a  
473 manutenção das características ambientais relacionadas à preferência de oviposição  
474 pelos indivíduos pode ser fundamental para persistência da sua única população.

475

#### 476 *Implicações para a conservação*

477 As maiores ameaças sugeridas para *M. admirabilis* estão relacionadas com  
478 impactos causados diretamente na área reprodutiva da espécie. A região de entorno do  
479 rio é dominada por monoculturas de fumo, soja e eucalipto (Abadie, 2015). Os  
480 indivíduos sofrem ainda ameaças (não quantificadas) devido à biopirataria, aos  
481 agrotóxicos utilizados nas plantações e ao pisoteio de turistas ao longo dos sítios de  
482 oviposição. Além disso, desde 2004 existe um projeto de implementação de uma  
483 Pequena Central Hidrelétrica (PCH) na área, e, embora o processo tenha sido arquivado,  
484 a região possui um enorme potencial para empreendimentos hidrelétricos e turísticos  
485 (Fonte *et al.*, 2014; Abadie, 2015). É preocupante que o Relatório Ambiental Simplificado  
486 (RAS), realizado em 2010 para a construção desta PCH, sequer previu as alterações  
487 causadas no ambiente reprodutivo da espécie devido à vazão do rio, o que poderia levar  
488 ao alagamento das poças favoráveis à oviposição dos indivíduos. Além disso, as  
489 estratégias de mitigação propostas pelo estudo não foram satisfatórias e negligenciaram  
490 as características necessárias à manutenção da população (Fonte *et al.*, 2014).

491 A partir disso, demonstramos a necessidade de aplicação de políticas de  
492 conservação específicas e em escala local para o sapinho-admirável-de-barriga-  
493 vermelha, visando: (1) diminuir os impactos relacionados a alterações na disponibilidade  
494 de água das poças, como a perda de habitat florestal devido à agricultura ou ao

495 desmatamento; (2) não permitir a construção de qualquer empreendimento que afete  
496 a dinâmica de fluxo do rio, o que pode diminuir a extensão da área reprodutiva dos  
497 indivíduos e aumentar o risco de inundação das poças; (3) priorizar a manutenção da  
498 mata ciliar e evitar o estímulo ao turismo e à poluição química na área; (4) proteger a  
499 área de ocorrência da espécie como um todo, visto que populações isoladas são mais  
500 vulneráveis à extinção causada pela destruição do habitat e (5) fornecer subsídios para  
501 programas de busca por novas áreas de potencial ocorrência da espécie com base em  
502 características adequadas a sua reprodução. Neste sentido, sugerimos que áreas de  
503 lajedo localizadas nas margens do rio onde a cobertura de dossel é mediana, sem cobrir  
504 completamente o céu das poças, podem ser o primeiro passo para a busca por possíveis  
505 outros locais de ocorrência da espécie durante o período reprodutivo. Adicionalmente,  
506 a busca por lajedos mais próximos à mata ciliar e que contenham uma maior  
507 disponibilidade de poças grandes e profundas (com cerca de até 0.6 m<sup>2</sup> e 22 cm) também  
508 deve ser priorizada.

509

## 510 *Conclusão*

511 Assim como o sapinho-admirável-de-barriga-vermelha, a maior parte das  
512 espécies de *Melanophryniscus* apresenta reprodução explosiva associada à elevados  
513 índices pluviométricos e utiliza corpos hídricos temporários como sítio de oviposição  
514 (e.g. *M. stelzneri* - Singer & Gutiérrez, 1997; Pereyra, Lescano & Leynaud, 2011; *M.*  
515 *krauczuki* - Baldo & Basso, 2004; *M. rubriventris* - Vaira, 2005; *M. macrogranulosus* -  
516 Goldberg *et al.*, 2006; Caorsi *et al.*, 2014; *M. simplex* - Colombo *et al.*, 2007; *M. dorsalis*  
517 - Colombo *et al.*, 2008; *M. atroluteus*, *M. montevidensis*, *M. devincenzii* - Maneyro &



518 Kwet, 2008; Pereira & Maneyro, 2018; *M. cambaraensis* - Santos *et al.*, 2010;  
519 *Melanophryniscus aff. Montevidensis* - Cairo *et al.*, 2013). Sabe-se ainda que os girinos  
520 destas espécies são morfologicamente muito semelhantes entre si, embora apresentem  
521 algumas diferenças entre os grupos de ambientes lênticos e lóticos (Baldo *et al.*, 2014).  
522 A partir disto, este estudo pode fornecer um primeiro passo para identificar as  
523 características centrais para a seleção e uso do habitat de oviposição nas demais  
524 espécies dentro do gênero. A grande maioria delas, inclusive, apresenta distribuição  
525 geográfica restrita e se encontra sob ameaça de extinção (Zank *et al.*, 2014, IUCN, 2020),  
526 de forma que a identificação de condições adequadas à reprodução e ao  
527 desenvolvimento dos sapinhos-de-barriga-vermelha pode ser fundamental para a  
528 conservação das suas populações.

529 Dadas as taxas alarmantes de perda de habitat e extinção de espécies no mundo  
530 todo nas últimas décadas, os esforços de conservação devem contar com os dados mais  
531 refinados possíveis sobre as espécies. Estudos em escala fina fornecem informações  
532 detalhadas sobre os fatores necessários à manutenção das populações locais e são de  
533 extrema relevância para a conservação de anfíbios, especialmente aqueles com  
534 distribuição restrita e/ou ameaçados de extinção (Wiens, 1989; Van Buskirk, 2005). Dos  
535 mais de 600 anfíbios anuros registrados para a Mata Atlântica, por exemplo, 77,6% são  
536 endêmicos da região (Monteiro-Filho & Conte, 2017). Estas espécies sofrem  
537 principalmente com a fragmentação entre as áreas florestais e os locais úmidos  
538 utilizados para a sua reprodução (Ribeiro *et al.*, 2009). Atualmente, o bioma é restrito à  
539 apenas 12% do seu tamanho original, de forma que os anuros são considerados como  
540 ainda mais sensíveis à divisão do habitat em pequenas escalas. Estudos ao nível de  
541 paisagem mais ampla são importantes em esquemas de priorização espacial regional,

542 mas podem não conseguir identificar aspectos fundamentais para a ocorrência das  
543 espécies a nível local, limitando a capacidade de fornecer elementos para a elaboração  
544 de estratégias de conservação adequadas (Becker *et al.*, 2007; Soares & Brito, 2007).  
545 Neste sentido, as informações relacionadas à ecologia do sapinho-admirável-de-barriga-  
546 vermelha corroboram nossa percepção sobre a importância de estudos de seleção e uso  
547 do habitat em escala fina como um aspecto chave para a conservação de populações.  
548 Por fim, nossos resultados também alertam para a necessidade de refinamento dos  
549 planejamentos estratégicos de priorização espacial realizados por análises de paisagem  
550 em larga escala, particularmente para espécies com necessidades complexas,  
551 endêmicas ou que apresentam distribuição geográfica restrita.

552

553

554

## 555 REFERÊNCIAS

556 Abadie, M. (2015). *Conservação do sapinho-admirável-de-barriga-vermelha,*  
557 *Melanophryniscus admirabilis (Anura: Bufonidae): Estudo de ecologia populacional.*  
558 Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

559 Afonso, L. G. & Eterovick, P. C. (2007). Microhabitat choice and differential use by  
560 anurans in forest streams in southeastern Brazil. *J. Nat. Hist.* **41**, 937–948.

561 Baldo, D. & Basso, N. G. (2004). A New Species of *Melanophryniscus* Gallardo, 1961  
562 (Anura: Bufonidae), with comments on the species of the genus reported for  
563 Misiones, Northeastern Argentina. *J. Herpetol.* **38**, 393–403.

564 Baldo, D., Candiotti, F. V., Haad, B., Kolenc, F., Borteiro, C., Pereyra, M. O., Zank, C.,  
565 Colombo, P., Bornschein, M. R., Sisa, F. N., Brusquetti, F., Conte, C. E., Nogueira-

- 566 Costa, P., Almeida-Santos, P. & Pie, M. R. (2014). Comparative morphology of  
567 pond, stream and phytotelm-dwelling tadpoles of the South American redbelly  
568 toads (Anura: Bufonidae: *Melanophryniscus*). *Biol. J. Linn. Soc.* **112**, 417–441.
- 569 Becker, C. G., Fonseca, C. R., Haddad, C. F. B., Batista, R. F. & Prado, P. I. (2007). Habitat  
570 split and the global decline of amphibians. *Science* **318**, 1775–1777.
- 571 Blennow, K. (1995). Sky view factors from high-resolution scanned fish-eye lens  
572 photographic negatives. *J. Atmos. Ocean. Technol.* **12**, 1357–1362.
- 573 Boscolo, D. & Paul Metzger, J. (2011). Isolation determines patterns of species  
574 presence in highly fragmented landscapes. *Ecography* **34**, 1018–1029.
- 575 Brasil. (2012). Portaria nº 25, de 17 de Fevereiro de 2012. Diário Oficial da União, Brasília.  
576 [http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2012/p\\_icmbio\\_25\\_2012\\_panherpetofaunadosul\\_retificacao.pdf](http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2012/p_icmbio_25_2012_panherpetofaunadosul_retificacao.pdf). Downloaded on 09 June  
577 2019.
- 579 Burne, M. R. & Griffin, C. R. (2005). Habitat associations of pool-breeding amphibians  
580 in eastern Massachusetts, USA. *Wetl. Ecol. Manag.* **13**, 247–259.
- 581 Burnham, K. P. & Anderson, D. R. (2002). *Model selection and multimodel inference: A  
582 practical information-theoretic approach*. 2nd ed. New York: Springer.
- 583 Cairo, S. L., Zalba, S. M. & Úbeda, C. A. (2013). Reproductive pattern in the  
584 southernmost populations of South American redbelly toads. *J. Nat. Hist.* **47**,  
585 2125–2134.
- 586 Caorsi, V. Z., Colombo, P., Freire, M. D., Amaral, I. B., Zank, C., Borges-martins, M. &  
587 Grant, T. (2014). Natural history, coloration pattern and conservation status of the  
588 threatened south Brazilian red bellied toad, *Melanophryniscus macrogranulosus*  
589 Braun, 1973 (Anura, Bufonidae). *Herpetol. Notes* **7**, 585–598.
- 590 Ceballos, G., Ehrlich, P. R. & Dirzo, R. (2017). Biological annihilation via the ongoing  
591 sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proc.  
592 Natl. Acad. Sci.* **114**, E6089–E6096.
- 593 Chapman, L. & Thornes, J. E. (2004). Real-time sky-view factor calculation and

594 approximation. *J. Atmos. Ocean. Technol.* **21**, 730–741.

595 Collins, J. P. & Crump, M. L. (2009). *Extinction in our times: global amphibian decline*. 1st  
596 ed. Oxford: Oxford University Press.

597 Colombo, P., Kindel, A., Vinciprova, G. & Krause, L. (2008). Composição e ameaças à  
598 conservação dos anfíbios anuros do Parque Estadual de Itapeva, município de  
599 Torres, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biota Neotrop.* **8**, 229–240.

600 Colombo, P., Zank, C., Schmidt, L. E. C., Gonçalves, G. & Marinho, J. R. (2007). Anura,  
601 Bufonidae, *Melanophryniscus simplex*: Distribution extension. *Check List* **3**, 305.

602 Crump, M. L. (1991). Choice of oviposition site and egg load assessment by a treefrog.  
603 *Herpetologica* **47**, 308–315.

604 Cushman, S. A. & McGarigal, K. (2004). Hierarchical analysis of forest bird species–  
605 environment relationships in the oregon coast range. *Ecol. Appl.* **14**, 1090–1105.

606 Decreto Estadual Nº 51.797. (2014). Decreto Estadual Nº 51.797 de 8 de Setembro de  
607 2014. Diário Oficial do Rio Grande do Sul nº 173, de 09 de setembro de 2014.  
608 <http://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/DEC%2051.797.pdf>.  
609 Downloaded on 07 June 2019.

610 Di-Bernardo, M., Maneyro, R. & Grillo, H. (2006). New species of *Melanophryniscus*  
611 (Anura: Bufonidae) from Rio Grande do Sul, southern Brazil. *J. Herpetol.* **40**, 261–  
612 266.

613 Duellman, W. E. & Trueb, L. (1986). *Biology of Amphibians*. Baltimore, Maryland: Johns  
614 Hopkins University Press.

615 Dunning, J. B., Danielson, B. J. & Pulliam, H. R. (1992). Ecological processes that affect  
616 populations in complex landscapes. *Oikos* **65**, 169.

617 Egan, R. S. & Paton, P. W. C. (2004). Within-pond parameters affecting oviposition by  
618 wood frogs and spotted salamanders. *Wetlands* **24**, 1–13.

619 FEPAM. (2013). Fundação Estadual de Proteção Ambiental. 2013. Diagnóstico  
620 Ambiental da Bacia do Taquari-Antas/RS.  
621 <http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/Taquari-Antas/pag2.html>. Downloaded

622 on 07 June 2019.

623 Fonte, L. F. M. da, Abadie, M., Mendes, T., Zank, C. & Borges-Martins, M. (2014). The  
624 times they are a-changing: How a multi-institutional effort stopped the  
625 construction of a hydroelectric power plant that threatened a Critically  
626 endangered red-belly toad in southern Brazil. *FrogLog* **22**, 18–21.

627 Frost, D. R. (2020). Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.0.  
628 American Museum of Natural History, New York, USA.  
629 <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/>. Downloaded on 06 June  
630 2020.

631 Goldberg, F. J., Quinzio, S. & Vaira, M. (2006). Oviposition-site selection by the toad  
632 *Melanophryniscus rubriventris* in an unpredictable environment in Argentina. *Can.*  
633 *J. Zool.* **84**, 699–705.

634 Gonçalves, D. S., Crivellari, L. B. & Conte, C. E. (2015). Linking environmental drivers  
635 with amphibian species diversity in ponds from subtropical grasslands. *An. Acad.*  
636 *Bras. Cienc.* **87**, 1751–1762.

637 González-del-Pliego, P., Freckleton, R. P., Edwards, D. P., Koo, M. S., Scheffers, B. R.,  
638 Pyron, R. A. & Jetz, W. (2019). Phylogenetic and trait-based prediction of  
639 extinction risk for data-deficient amphibians. *Curr. Biol.* **29**, 1557-1563.e3.

640 Gorosito, I. L., Bermúdez, M. M., Douglass, R. J. & Busch, M. (2016). Evaluation of  
641 statistical methods and sampling designs for the assessment of microhabitat  
642 selection based on point data. *Methods Ecol. and Evolution* **7**, 1316–1324.

643 Graham, M. H. (2003). Confronting multicollinearity in ecological multiple regression.  
644 *Ecology* **84**, 2809–2815.

645 Green, R. H. (1979). *Sampling design and statistical methods for environmental*  
646 *biologists*. 1 st ed. New York: Wiley.

Haddad, C. F. B. & Prado, C. P. A. (2005). Reproductive modes of the Atlantic forest frogs.  
*Bioscience* **55**, 208–217.

647 Hartig, F. (2018). DHARMA: residual diagnostics for hierarchical (multi-level/mixed)

648 regression models. R package version 0.1.6. [https://cran.r-](https://cran.r-project.org/web/packages/DHARMA/vignettes/DHARMA.html)  
649 [project.org/web/packages/DHARMA/vignettes/DHARMA.html](https://cran.r-project.org/web/packages/DHARMA/vignettes/DHARMA.html). Downloaded on 02  
650 June 2019.

651 Hassell, M. P. (1987). Detecting regulation in patchily distributed animal populations. *J.*  
652 *Anim. Ecol.* **56**, 705–713.

653 Hayes, T., Chan, R. & Licht, P. (1993). Interactions of temperature and steroids on larval  
654 growth, development, and metamorphosis in a toad (*Bufo boreas*). *J. Exp. Zool.*  
655 **266**, 206–215.

656 Hofstetter, H., Dusseldorp, E., Zeileis, A. & Schuller, A. A. (2016). Modeling caries  
657 experience: Advantages of the use of the Hurdle model. *Caries Res.* **50**, 517–526.

658 Hu, M. C., Pavlicova, M. & Nunes, E. V. (2011). Zero-Inflated and Hurdle models of  
659 count data with extra zeros: Examples from an HIV-Risk reduction intervention  
660 trial. *Am. J. Drug Alcohol Abuse* **37**, 367–375.

661 ICMBio. (2014). Lista das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção (Portaria  
662 MMA nº 444/2014). [http://www.icmbio.gov.br/sisbio/images/stories/instrucoes\\_](http://www.icmbio.gov.br/sisbio/images/stories/instrucoes_normativas/PORTARIA_N%C2%BA_444_DE_17_DE_DEZEMBRO_DE_2014.pdf)  
663 [normativas/PORTARIA\\_N%C2%BA\\_444\\_DE\\_17\\_DE\\_DEZEMBRO\\_DE\\_2014.pdf](http://www.icmbio.gov.br/sisbio/images/stories/instrucoes_normativas/PORTARIA_N%C2%BA_444_DE_17_DE_DEZEMBRO_DE_2014.pdf).  
664 Downloaded on 07 June 2019.

665 ICMBio. (2018). Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. *Livro*  
666 *Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção*. 1st ed. Brasília:  
667 ICMBio/MMA.

668 IUCN. (2013). IUCN SSC Amphibian Specialist Group 2013. *Melanophryniscus*  
669 *admirabilis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T135993A44846478.  
670 <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-2.RLTS.T135993A44846478.en>.  
671 Downloaded on 10 June 2019.

672 IUCN. (2020). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-1.  
673 <https://www.iucnredlist.org>. Downloaded on 06 June 2020.

674 Jacquemyn, H., Brys, R. & Hermy, M. (2002). Patch occupancy, population size and  
675 reproductive success of a forest herb (*Primula elatior*) in a fragmented landscape.

676 *Oecologia* **130**, 617–625.

677 Kollros, J. J. (1961). Mechanisms of amphibian metamorphosis: Hormones. *Am. Zool.* **1**,  
678 107–114.

679 Kopp, K., Wachlevski, M. & Eterovick, P. C. (2006). Environmental complexity reduces  
680 tadpole predation by water bugs. *Can. J. Zool.* **84**, 136–140.

681 Köppen, W. (1931). *Climatologia*. 2nd ed. México: Fondo de Cultura Econômica.

682 Krishnamurthy, S. V. (2003). Amphibian assemblages in undisturbed and disturbed  
683 areas of Kudremukh National Park , Central Western Ghats , India. *Environ.*  
684 *Conserv.* **30**, 274–282.

685 Lane, S., Hamer, A. & Mahony, M. (2007). Habitat correlates of five amphibian species  
686 and of species-richness in a wetland system in New South Wales, Australia. *Appl.*  
687 *Herpetol.* **4**, 65–82.

688 Leite, P. F. & Klein, R. M. (1990). Vegetação. In *Fundação Instituto Brasileiro de*  
689 *Geografia e Estatística (IBGE): 113-150.* (Ed.). Rio de Janeiro: Geografia do Brasil,  
690 Região Sul.

691 Lemckert, F. & Brassil, T. (2000). Movements and habitat use of the endangered giant  
692 barred river frog (*Mixophyes iteratus*) and the implications for its conservation in  
693 timber production forests. *Biol. Conserv.* **96**, 177–184.

694 Magnusson, A., Skaug, H., Nielsen, A., Berg, C., Kristensen, K., Maechler, M., van  
695 Bentham, K., Sadat, N., Bolker, B. & Brooks, M. (2019). Package ‘glmmTMB.’  
696 Version 0.2.3. <https://cran.r-project.org/web/packages/glmmTMB/glmmTMB.pdf>.  
697 Downloaded on 04 June 2019.

698 Maneyro, R. & Kwet, A. (2008). Amphibians in the border region between Uruguay and  
699 Brazil: updated species list with comments on taxonomy and natural history (Part  
700 I: Bufonidae). *Stuttgarter Beiträge Zur Naturkunde.* **1**, 95–121.

701 Marsh, D. M. & Borrell, B. J. (2001). Flexible oviposition strategies in tungara frogs and  
702 their implications for tadpole spatial distributions. *Oikos* **93**, 101–109.

703 Monteiro-Filho, E. L. de A. & Conte, C. E. (2017). *Revisões em Zoologia: Mata Altântica.*

704 1st ed. Série pesquisa. Curitiba: UFPR.

705 Moreno, J. A. (1961). Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da  
706 Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul, Diretoria de Terras e Colonização,  
707 Secção de Geografia. <https://revistas.dee.spgg.rs.gov.br/index.php/boletim-geografico-rs/article/view/3236/3310>. Downloaded on 20 June 2019.

709 Mullahy, J. (1986). Specification and testing of some modified count data models. *J.*  
710 *Econom.* **33**, 341–365.

711 Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B. & Kent, J. (2000).  
712 Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**, 853–858.

713 Oke, T. R. (2002). *Boundary Layer Climates*. 2nd ed. Abingdon: Routledge.

714 Pearman, P. B. & Wilbur, H. M. (1990). Changes in population dynamics resulting from  
715 oviposition in a subdivided habitat. *Am. Nat.* **135**, 708–723.

716 Pereira, G. & Maneyro, R. (2016). Use of reproductive microhabitat by  
717 *Melanophryniscus montevidensis* (Anura: Bufonidae) from Uruguay. *Zoolog. Sci.*  
718 **33**, 337–344.

719 Pereira, G. & Maneyro, R. (2018). Reproductive biology of *Melanophryniscus*  
720 *montevidensis* (Anura: Bufonidae) from Uruguay: reproductive effort, fecundity,  
721 sex ratio and sexual size dimorphism. *Stud. Neotrop. Fauna Environ.* **53**, 10–21.

722 Pereyra, L. C., Lescano, J. N. & Leynaud, G. C. (2011). Breeding-site selection by red-  
723 belly toads, *Melanophryniscus stelzneri* (Anura: Bufonidae), in Sierras of Córdoba,  
724 Argentina. *Amphibia-Reptilia* **32**, 105–112.

725 Resetarits, W. J. & Wilbur, H. M. (1989). Choice of Oviposition Site by *Hyla chrysoscelis*:  
726 Role of Predators and Competitors. *Ecology* **70**, 220–228.

727 Ribeiro, M. C., Metzger, J. P., Martensen, A. C., Ponzoni, F. J. & Hirota, M. M. (2009).  
728 The Brazilian Atlantic forest: How much is left, and how is the remaining forest  
729 distributed? Implications for conservation. *Biol. Conserv.* **142**, 1141–1153.

730 Rudolf, V. H. W. & Rodel, M.-O. (2005). Oviposition site selection in a complex and  
731 variable environment: The role of habitat quality and conspecific cues. *Oecologia*



- 732           **142**, 316–325.
- 733 Santos, R. R., Leonardi, S. B., Caorsi, V. Z. & Grant, T. (2010). Directional orientation of  
734 migration in an aseasonal explosive-breeding toad from Brazil. *J. Trop. Ecol.* **26**,  
735 415–421.
- 736 Schneider, C.A., Rasband, W.S & Eliceiri, K.W. (2012). NIH Image to ImageJ: 25 years of  
737 image analysis. *Nat. Methods* **9**, 671–675.
- 738 Semlitsch, R. D. (2003). *Amphibian conservation*. 1st ed. Washington, D.C.: Smithsonian  
739 Books.
- 740 Singer, R. B. & Gutiérrez, M. (1997). Reproduccion y desarrollo larval del sapo enano  
741 *Melanophryniscus stelzneri stelzneri* (Weyemberg, 1875) (Anura: Bufonidae).  
742 *Cuad. Herpetol.* **11**, 21–30.
- 743 Smith-Gill, S. J. & Berven, K. A. (1979). Predicting amphibian metamorphosis. *Am. Nat.*  
744 **113**, 563–585.
- 745 Smith, D. C. (1983). Factors controlling tadpole populations of the chorus frog  
746 (*Pseudacris triseriata*) on Isle Royale, Michigan. *Ecology* **64**, 501–510.
- 747 Soares, C. & Brito, J. C. (2007). Environmental correlates for species richness among  
748 amphibians and reptiles in a climate transition area. *Biodivers. Conserv.* **16**, 1087–  
749 1102.
- 750 Spieler, M. & Linsenmair, K. E. (1997). Choice of optimal oviposition sites by  
751 *Hoplobatrachus occipitalis* (Anura: Ranidae) in an unpredictable and patchy  
752 environment. *Oecologia* **109**, 184–199.
- 753 Stuart, S., Hoffmann, M., Chanson, J., Cox, N., Berridge, R., Ramani, P. & Young, B. (2008).  
754 *Threatened amphibians of the world*. Barcelona: Lynx Edicions, Gland: IUCN and  
755 Arlington: Conservation International.
- 756 Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A., Young, B. E., Rodrigues, A. S. L., Fischman, D. L. &  
757 Waller, R. W. (2004). Status and trends of amphibian declines and extinctions  
758 worldwide. *Science* **306**, 1783–1786.
- 759 Stumpel, A. H. P. & van der Voet, H. (1998). Characterizing the suitability of new ponds

- 760 for amphibians. *Amphibia-Reptilia* **19**, 125–142.
- 761 Vaira, M. (2005). Annual variation of breeding patterns of the toad, *Melanophryniscus*  
762 *rubriventris* (Vellard, 1947). *Amphibia-Reptilia* **26**, 193–199.
- 763 Van Buskirk, J. (2005). Local and landscape Influence on amphibian occurrence and  
764 abundance. *Ecology* **86**, 1936–1947.
- 765 Vasconcelos, T. S., Santos, T. G., Rossa-Feres, D. C. & Haddad, C. F. . (2009). Influence  
766 of the environmental heterogeneity of breeding ponds on anuran assemblages  
767 from southeastern Brazil. *Can. J. Zool.* **87**, 699–707.
- 768 Walther, G.-R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J. C.,  
769 Fromentin, J.-M., Hoegh-Guldberg, O. & Bairlein, F. (2002). Ecological responses  
770 to recent climate change. *Nature* **416**, 389–395.
- 771 Warner, S. C., Travis, J. & Dunson, W. A. (1993). Effect of pH variation of interspecific  
772 competition between two species of hylid tadpoles. *Ecology* **74**, 183–194.
- 773 Wells, K. D. (1977). The social behaviour of anuran amphibians. *Anim. Behav.* **25**, 666–  
774 693.
- 775 Wiens, J. A. (1989). Spatial scaling in ecology. *Funct. Ecol.* **3**, 385–397.
- 776 Wilbur, H. M. (1987). Regulation of structure in complex systems: Experimental  
777 temporary pond communities. *Ecology* **68**, 1437–1452.
- 778 Wrege, M. S., Steinmetz, S., Reisser Júnior, C. & Almeida, I. R. de. (2011). *Atlas*  
779 *climático da região sul do Brasil*. Vol. 2. Pelotas: Embrapa Clima Temperado.
- 780 Zank, C., Becker, F. G., Abadie, M., Baldo, D., Maneyro, R. & Borges-Martins, M. (2014).  
781 Climate change and the distribution of neotropical red-bellied toads  
782 (*Melanophryniscus*, Anura, Amphibia): How to prioritize species and populations?  
783 *PLoS One* **9**, e94625.
- 784 Zuur, A. F., Ieno, E. N., Walker, N., Saveliev, A. A. & Smith, G. M. (2009). *Mixed effects*  
785 *models and extensions in ecology with R*. Vol. 32. New York: Springer.

## CONCLUSÃO GERAL

Nossos resultados demonstram que o sapinho-admirável-de-barriga-vermelha seleciona características ambientais específicas para escolha dos sítios de oviposição ao longo do seu restrito trecho de distribuição. Poças com fundo rochoso, mais profundas, com moderada exposição ao sol e mais próximas à mata possuem uma maior probabilidade de presença de ovos. Já as poças maiores e mais próximas à mata apresentam uma maior quantidade de ovos depositados. A partir disso, devido às inúmeras ameaças que podem levar a alterações no sítio reprodutivo dos indivíduos, demonstramos a necessidade de estratégias de manejo e conservação específicas para *M. admirabilis*, assim como a busca por novas áreas de potencial ocorrência da espécie com base em características adequadas a sua reprodução. Adicionalmente, dado o cenário alarmante dos declínios populacionais de anfíbios na Mata Atlântica, reforçamos a importância de estudos de seleção e uso do habitat em escala fina para a manutenção das populações de espécies endêmicas, com distribuição restrita ou ameaçadas de extinção na região.