

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

Dener Heiermann

Cercas direcionadoras funcionam para evitar que anfíbios arborícolas cruzem rodovias?

Porto Alegre

2021

Dener Heiermann

Cercas direcionadoras funcionam para evitar que anfíbios arborícolas cruzem rodovias?

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Dr. Andreas Kindel

Coorientadora: Dra. Caroline Zank

Manuscrito elaborado em formato de artigo para a submissão no periódico *Conservation Science and Practice*.

Porto Alegre

2021

Dener Heiermann

Cercas direcionadoras funcionam para evitar que anfíbios arborícolas cruzem rodovias?

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Dr. Andreas Kindel

Coorientadora: Dra. Caroline Zank

Porto Alegre, novembro de 2021.

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Andreas Kindel
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dra. Larissa Oliveira Gonçalves
Universidade Federal de Santa Catarina

Dra. Michelle Abadie de Vasconcellos
Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Répteis e Anfíbios - RAN/ICMBio

AGRADECIMENTOS

Desde que entrei na graduação e participei dos primeiros acampamentos, os chamados “trotos conscientes”, com atividades de observação de aves, anfíbios, plantas, me apaixonei por fazer campo. Nesse processo, aprendi a gostar (ainda mais) de um pouco de tudo da natureza; embora ainda tenha muito o que aprender, já sei identificar anfíbios, algumas plantas, aves, moluscos, formigas, aranhas, mamíferos e por aí vai - e muito disso devido à ajuda dos amigos pesquisadores, especialmente os da antiga Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (FZB). Não posso deixar de nomear o pessoal do laboratório de herpetologia da FZB, especialmente o Patrick e o Marcelo, que me acolheram no pior momento possível da instituição, durante sua extinção.

Agradeço a companhia de todos que foram para campo comigo e/ou me incluíram nos projetos, pois além de toda troca de conhecimento, criaram-se boas amizades. São muitos nomes para citar, mas saibam que lembro de todos!

Um especial agradecimento aos companheiros fiéis da biologia, Douglas, João, Roberta, Will, Luís. Aos que se tornaram praticamente irmãs e irmão, Marina, Carol e Deivid. Caliari por estar sempre presente, desde bebê. E também a quem esteve do meu lado enquanto o TCC foi escrito, na pandemia, Mariana!

Àqueles que me deram absolutamente toda ajuda que fosse possível para eu completar a graduação com um bom aproveitamento, minha família. Se não fossem vocês, nada disso seria possível.

E por fim, a todos que participaram e participaram deste trabalho, vocês são incríveis!

INTRODUÇÃO ESTENDIDA

Rodovias e anfíbios

A grande cobertura da malha rodoviária, com todos seus efeitos negativos sobre a fauna, representa um importante fator de perda de biodiversidade (Benítez-López et al., 2010). As estradas podem atuar de diversas formas sobre a vida silvestre: causando a morte de indivíduos, degradando habitats, formando corredores de dispersão para espécies exóticas invasoras, bloqueando o fluxo gênico de populações, alterando as proporções sexuais e a estrutura etária, causando poluição luminosa, sonora e vibracional (Caorsi et al., 2019; Marsh & Jaeger, 2015; Riley et al., 2006; Seabrook & Dettmann, 1996; van der Ree et al., 2015).

Historicamente, estruturas mitigadoras respondem a uma demanda econômica, e não conservacionista (Bruinderink & Hazebroek, 1996; Conover et al., 1995), especialmente porque as colisões de veículos com animais de médio e grande porte causam grandes prejuízos econômicos (Abra et al., 2019) e, em alguns casos, a morte dos passageiros (Conover et al., 1995). Também é por isso que os estudos mais antigos, em sua maioria, estimam atropelamentos somente para um número reduzido de espécies, especialmente as de tamanho médio e grande (van der Ree et al., 2015). O resultado desse viés implica uma lacuna de conhecimento em relação a atropelamentos de pequenos animais, especialmente para países neotropicais e subdesenvolvidos, que abrigam uma diversidade maior que a dos países pioneiros em estudos de atropelamentos (Pinto et al., 2020).

Esse cenário tem mudado ao longo do tempo; no Brasil, especificamente, o número de estudos envolvendo ecologia de rodovias tem aumentado bastante (Pinto et al., 2020), além de que os estudos têm se preocupado mais com a conservação. No entanto, pesquisas focadas no impacto dos atropelamentos de anfíbios em rodovias ainda são escassas (Arevalo et al., 2017; Beduschi, 2019; Coelho et al., 2012) - apesar do Brasil ser o país que abriga a maior riqueza de espécies de anfíbios do mundo, 1188 espécies (Segalla et al., 2021).

Apesar da lacuna de conhecimento sobre atropelamento de anfíbios, especialmente em regiões tropicais, sabe-se que é um dos grupos de vertebrados mais afetados por atropelamentos em rodovias (Fahrig & Rytwinski, 2009; Glista et al., 2008). Algumas características relacionadas à biologia destes organismos parecem ser determinantes para o alto impacto potencial dos atropelamentos ao grupo, como a necessidade de migração durante o período reprodutivo, e consequente aumento de exposição às rodovias, e o seu comportamento de resposta ao tráfego de veículos, caracterizado como “não responsivo” ao notar um veículo se aproximando (Bouchard et al., 2009; Jacobson et al., 2016). Essas particularidades

comportamentais fazem com que a fatalidade cresça com o aumento de fluxo de veículos nas rodovias, e mesmo um fluxo pequeno pode ser suficiente para prejudicar severamente algumas populações de anfíbios (Hels & Buchwald, 2001).

Entre as estruturas que compõem as medidas de mitigação indicadas para anfíbios, as cercas são as mais importantes. Elas possuem a função de bloquear o acesso dos animais à rodovia, reduzindo as fatalidades, e de direcionar a passagem segura dos animais por estruturas que ligam os ambientes isolados (Cunnington et al., 2014).

Atualmente, não existem estruturas viáveis e capazes de bloquear o acesso de anfíbios arborícolas à estrada, pois esses animais possuem adaptações nos dedos que os permitem escalar e transpor praticamente qualquer barreira, em diversos ângulos (Langowski et al., 2019). Alguns estudos que comparam a fatalidade de pererecas antes e depois de serem construídas barreiras nas rodovias mostram que essas barreiras são pouco efetivas para o grupo; afirmam, inclusive, o desconhecimento de uma estrutura prática e efetiva para barrar hílideos (Dodd et al., 2004).

Mais recentemente um modelo de cerca tem se mostrado bastante promissor, reduzindo a mortalidade e direcionando a travessia de anfíbios. No entanto sua eficiência foi comprovada utilizando-se de um número reduzido de espécies de anfíbios, em especial para arborícolas (Boyle, 2019).

Histórico da relação da rodovia com a Reserva Biológica Estadual Mata Paludosa

No Rio Grande do Sul, a Reserva Biológica Estadual Mata Paludosa (REBIO Mata Paludosa) tem grande importância para a conservação de anfíbios do sul do Brasil, abrigando 35 espécies, entre as quais quatro estão ameaçadas de extinção no estado (Pereira, 2018; Rio Grande do Sul, 2014) e três delas com inúmeros registros de atropelamentos (Beduschi, 2019; Zank et al., 2019). A unidade de conservação (UC) é cortada por uma movimentada rodovia de ligação litoral-serra, a ERS-486 (Rota do Sol), o que coloca em risco a sua função de preservação.

Nos meados de 1989, quando o processo de licenciamento da rodovia ERS-486 possuía a Licença Prévia (LP), uma denúncia de desmatamento ilegal na área de Itati-RS culminou com o embargo da obra. Quase uma década depois, já com um novo projeto de construção, foi emitida uma nova LP, sendo acordado, então, a criação de uma UC na região: a REBIO Mata Paludosa.

Ao longo do processo de construção, em 2004, foi implementada uma Ação Civil Pública no Ministério Público Federal, a partir de uma denúncia movida pela ONG Instituto Mira Serra (processo 2004.71.00.006683-5), que indicava a necessidade de elaboração de um plano de mitigação para o atropelamento de fauna no trecho em que a rodovia cruza a REBIO. Foram instaladas, então, em 2007, com o fim das obras de construção da rodovia, três pontilhões

para fauna inferiores à rodovia, bem como dois controladores de velocidade a 40km/h na área da REBIO.

Entre 2009 e 2010, uma equipe de pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul realizou o primeiro monitoramento de fauna atropelada e constatou que as medidas de mitigação implementadas não eram suficientes para reduzir a mortalidade, uma vez que havia agregações de fatalidades no mesmo trecho em que os pontilhões foram instalados (Teixeira & Kindel, 2012). Foi elaborado, a partir dos resultados desse estudo, um termo de referência para um novo monitoramento, agora focado em anfíbios - que se iniciou em 2017. Os resultados desse estudo indicaram uma mortalidade extremamente alta para o grupo, uma estimativa de 7373 anfíbios atropelados em 1 km de rodovia em seis meses (Biolaw Consultoria Ambiental, 2018) e concluiu-se a necessidade de instalar medidas mitigadoras complementares às existentes. Em 2018 também foi realizado um estudo que demonstrou que as fatalidades nesse trecho representam uma grave ameaça às populações de *Itapotihyla langsdorffii* e *Phyllomedusa distincta* que vivem em banhados adjacentes à rodovia (Beduschi, 2019).

A história culminou na indicação de instalação de cinco passagens aéreas para anfíbios arborícolas, mais seis passagens inferiores para anfíbios terrícolas. Além disso, foi prevista a instalação de cercas bloqueadoras, essas últimas com o objetivo de impedir o acesso dos animais à estrada e direcioná-los às passagens - todas instaladas no final de 2021. Esse foi um projeto inovador em nível mundial, visto que estruturas focadas na mitigação de anfíbios arborícolas nunca foram testadas em ambientes com tão grande biodiversidade como na região neotropical.

O meu projeto

Minha motivação para este trabalho começou no início da minha graduação, quando em 2017, em um acampamento, participei de uma oficina de observação de anfíbios. Me interessando pela conservação desse grupo, liguei-me ao laboratório de herpetologia do Museu de Ciências Naturais da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Infraestrutura, antiga Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul e, posteriormente, a pesquisas envolvendo impacto de rodovias sobre anfíbios, no Núcleo de Estudos de Rodovias e Ferrovias da UFRGS. Em 2017, participei do monitoramento de anfíbios atropelados no trecho da Rota do Sol que atravessa a REBIO, que apontou a necessidade de novas estruturas de mitigação na área. Como não existem estudos que indiquem uma cerca bloqueadora eficiente para anfíbios arborícolas, eu decidi direcionar meus esforços para esse projeto.

No meu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), testei a efetividade de diferentes adaptações no topo da cerca, com o objetivo de investigar se dobras em formato de aba na parte superior são suficientes para impedir que pererecas consigam ultrapassar essa barreira. Os

experimentos envolvem uma grande variedade de espécies e, conseqüentemente, alta variação na capacidade de escalada e de salto. Espero que esse estudo resulte em um modelo de cercas bloqueadoras eficaz na proteção de uma comunidade megadiversa de anfíbios arborícolas e com possível aplicação para distintos contextos.

1 **Cercas direcionadoras funcionam para evitar que anfíbios arborícolas cruzem rodovias?**

2

3 Dener Heiermann^{1*}, Fernanda Zimmermann Teixeira², Marcelo Duarte Freire³, Maria Eduarda
4 Bernardino Cunha⁴, Patrick Colombo⁵, Andreas Kindel⁶, Caroline Zank⁷

5

6 *1. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500 - Agronomia, Porto Alegre
7 - RS, 91501-970; denerheiermann@hotmail.com;

8 2. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento
9 Gonçalves, 9500 - Agronomia, Porto Alegre - RS, 91501-970; fernandazteixeira@gmail.com;

10 3. Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av.
11 Bento Gonçalves, 9500 - Agronomia, Porto Alegre - RS, 91501-970; mduartefreire@gmail.com;

12 4. Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av.
13 Bento Gonçalves, 9500 - Agronomia, Porto Alegre - RS, 91501-970; eduardabercunha@gmail.com;

14 5. Museu de Ciências Naturais, Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Infraestrutura, R. Dr. Salvador
15 França, 1427 - Jardim Botânico, Porto Alegre - RS, 90690-000; patrick_colombo@hotmail.com;

16 6. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento
17 Gonçalves, 9500 - Agronomia, Porto Alegre - RS, 91501-970; andreaskindel@gmail.com;

18 7. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento
19 Gonçalves, 9500 - Agronomia, Porto Alegre - RS, 91501-970; carolzank@gmail.com.

20

21 **Título resumido:** Efetividade de cercas bloqueadoras de anfíbios.

22

23 **Tipo de artigo:** Contributed Papers.

24

25 **Público-alvo:** Pesquisadores das áreas de ecologia de estradas e de herpetologia, bem como
26 técnicos responsáveis pela implementação de medidas mitigadoras em rodovias.

27

28 **Resumo**

29 Entre os vertebrados, os anfíbios são os mais afetados por rodovias em algumas regiões. O
30 problema é maior em rodovias que cruzam unidades de conservação, como na ERS-486, que
31 cruza a Reserva Biológica Estadual Mata Paludosa, nossa área de estudo. Para reduzir esse
32 problema, é primordial impedir que os animais acessem a rodovia, geralmente usando cercas
33 bloqueadoras. Todavia, para anfíbios arborícolas não existe uma cerca efetiva e testada com um
34 amplo espectro de espécies. Nosso objetivo foi testar a efetividade de diferentes adaptações na
35 porção superior de cercas-guia em impedir a transposição de pererecas para aplicação em

36 rodovias. Executamos experimentos utilizando arenas quadradas e três tratamentos distintos de
37 formato da aba superior: sem aba, com aba simples com uma dobra, e aba com duas dobras
38 (dupla). As arenas de aba simples e dupla foram as mais eficientes no bloqueio, com eficácia
39 similar, enquanto a sem aba foi menos eficiente. O desafio de encontrar uma cerca plenamente
40 bloqueadora permanece, embora o sucesso dos modelos com aba tenha sido alto. Os próximos
41 passos envolvem a ampliação do número amostral, a execução de testes em períodos de intensa
42 atividade reprodutiva e a avaliação de modificações na cerca, visando desenvolver uma cerca
43 com efetividade máxima.

44

45 **Palavras-chave:** Estradas; Atropelamentos; Mitigação; Cerca-guia; Anuros; Pererecas;
46 bloqueio.

47

48 **Abstract**

49 Among vertebrates, amphibians are the most affected by highways constructions in some
50 regions. This issue is greater when highways cross protected areas, as ERS-486, that crosses the
51 Reserva Biológica Estadual Mata Paludosa, our study area. To reduce this problem, it is
52 primordial to prevent animals from accessing the highway, usually using fences. Nevertheless,
53 there is no effective fence to block treefrogs that have been tested with a wide range of species.
54 Thus, in order to prevent treefrogs access highways, we aimed to test the effectiveness of
55 different suitings in the top portion of fences. We performed experiments using square arenas
56 and three different treatments on the fence's top: without lip, with a fold as a single lip, and
57 with two folds, forming a double lip. The arenas with a single and double lip were the most
58 effective in blocking treefrogs, and had similar rates, while the arena without a lip was the less
59 effective. Although our models were successful, the challenge of finding a fully blocking fence
60 remains. The next steps involve expanding the sample number, carrying out tests in periods of
61 intense reproductive activity and evaluating changes in the fence, aiming to develop a fence
62 with maximum effectiveness.

63

64 **Keywords:** Roads; Roadkill; Mitigation; Guide fence; Anura; Tree frogs; Blockade.

65

66

67

68

69

70 INTRODUÇÃO

71 Os anfíbios são o grupo de tetrápodes que apresenta a maior proporção de espécies globalmente
72 ameaçadas - estima-se que 41% estejam em algum risco de extinção (IUCN, 2021). Contudo
73 pouco se sabe sobre a contribuição direta e indireta das rodovias para essa condição.
74 Indiretamente, se sabe que estradas são o principal fator indutor de conversão de ambientes
75 (Laurance et al., 2002) e, portanto, é esperado que tenham importante contribuição para a perda
76 de habitat dos anfíbios. As rodovias podem determinar a degradação do ambiente remanescente
77 através da emissão de poluentes na beira das rodovias, vibrações, ruídos e luminosidade, que
78 causam impactos negativos significativos sobre as populações de anfíbios (Buchanan, 1993;
79 Caorsi et al., 2019; Fahrig et al., 1995). Em resumo, sabemos que Amphibia é o grupo de
80 vertebrados mais afetado por atropelamentos em rodovias (Fahrig & Rytwinski, 2009; Glista et
81 al., 2008), mas não conhecemos bem as implicações disso sobre as populações.

82 Algumas características relacionadas à biologia destes organismos parecem ser
83 determinantes para o alto impacto potencial dos atropelamentos, como a necessidade de
84 migração durante o período reprodutivo, e o consequente aumento de exposição às rodovias, e
85 o seu comportamento de resposta ao tráfego de veículos, caracterizado como “não responsivo”
86 ao notar um veículo se aproximando (Bouchard et al., 2009; Jacobson et al., 2016). Essas
87 particularidades comportamentais fazem com que a mortalidade cresça com o aumento de fluxo
88 de veículos nas rodovias, e mesmo um fluxo pequeno pode ser suficiente para prejudicar
89 severamente algumas populações de anfíbios (Hels & Buchwald, 2001).

90 Estudos em nível populacional alertam para o potencial efeito sobre o declínio de espécies
91 decorrentes desses atropelamentos. Para a perereca-macaca, *Phyllomedusa distincta* (Figura 5B,
92 F), foi estimada uma mortalidade de até 25% da população reprodutiva, durante a estação
93 reprodutiva, no sul do Brasil (Beduschi, 2019). Esse número é preocupante, pois poderia resultar
94 na extinção local dessa espécie. Para outros anfíbios, uma mortalidade acima de 10% ao ano foi
95 estimada como suficiente para causar sua extinção em 25 anos (Gibbs & Shriver, 2005).

96 Contraditoriamente, por ser um grupo de difícil detecção, os anfíbios são frequentemente
97 subestimados e negligenciados em estudos ambientais e essa falta de reconhecimento, por
98 vezes, inviabiliza a proposição de medidas de mitigação apropriadas para o grupo (Teixeira et
99 al., 2013). Esse problema pode ser agravado em latitudes tropicais, onde os estudos com animais
100 tão pequenos ainda são escassos (Arevalo et al., 2017; Coelho et al., 2012).

101 Cercas de exclusão são uma medida de mitigação comum e sua função é impedir o acesso
102 dos animais à estrada. Desde que instalada corretamente, estudos demonstraram a eficácia e a
103 necessidade dessa estrutura para a redução da fatalidade de animais por atropelamentos

104 (Cunnington et al., 2014). É importante que o design da cerca seja adaptado para o grupo de
105 animais que se pretende bloquear (van der Ree et al., 2015). Para anfíbios cursoriais, por
106 exemplo, existem modelos de cercas de exclusão muito eficazes no bloqueio (Boyle et al., 2021;
107 Dodd Jr et al., 2004; Schmidt & Zumbach, 2008). Porém para anfíbios arborícolas o desafio é
108 maior.

109 Anfíbios arborícolas ou escaladores são as espécies de anuros popularmente chamadas de
110 pererecas. Elas têm adaptações nas extremidades dos dedos no formato de disco adesivos, que
111 permitem uma adesão forte em muitas superfícies. A consequência disso é que as pererecas
112 conseguem escalar e transpor praticamente qualquer barreira, em diversos ângulos (Langowski
113 et al., 2019). Por esse motivo, não existem atualmente cercas de exclusão viáveis e capazes de
114 bloquear o acesso de anfíbios escaladores à estrada. Alguns estudos que comparam a fatalidade
115 de pererecas antes e depois de serem construídas barreiras nas rodovias mostram que essas
116 barreiras são pouco efetivas para o grupo; afirmam, inclusive, o desconhecimento de uma
117 estrutura prática e efetiva para barrar hylidae - a família com maior parte dos anfíbios
118 escaladores (Dodd Jr et al., 2004).

119 Até o momento, conhecemos somente um estudo com o esforço de produzir cercas
120 bloqueadoras para anfíbios escaladores, tendo como objetivo impedir que a perereca-do-
121 pacífico, *Hyla regilla*, acesse plantações de hortaliças na Califórnia, Estados Unidos (Hughes
122 et al., 2021). Esse estudo demonstrou a efetividade de alguns materiais e adaptações de cerca
123 capazes de barrar a perereca-do-pacífico. Porém, ainda são necessários experimentos
124 envolvendo anfíbios anuros com alta heterogeneidade de tamanhos e capacidades de escalada e
125 salto, a fim de termos uma alternativa de cerca bloqueadora efetiva para uso no contexto de
126 rodovias tropicais. O desenvolvimento desse tipo de mitigação é necessário e urgente em países
127 megadiversos onde milhares desses animais morrem atropelados todos os anos (Biolaw
128 Consultoria Ambiental, 2018; Coelho et al., 2012).

129 Neste trabalho, nós testamos experimentalmente a efetividade de três tipos de adaptações
130 na extremidade superior de cercas de plástico para bloquear a transposição por anfíbios
131 escaladores. Nossos experimentos envolveram uma grande variedade de espécies, com elevada
132 amplitude de variação na capacidade de escalada e de salto. Esperamos que esse estudo resulte
133 em um modelo de cercas bloqueadoras eficaz na proteção de uma comunidade megadiversa de
134 anfíbios arborícolas e com possível aplicação para distintos contextos.

135

136

137

138 **MÉTODOS**

139 **Área de Estudo**

140 A Reserva Biológica Estadual Mata Paludosa (REBIO Mata Paludosa) é uma unidade de
141 conservação de proteção integral (271,87 ha) localizada no município de Itati, no Rio Grande
142 do Sul (RS), Brasil. Essa UC é de extrema importância para a conservação de anfíbios no
143 contexto regional, uma vez que abriga quatro espécies ameaçadas de extinção em escala local
144 (Rio Grande do Sul, 2014) e 35 espécies de anfíbios anuros, a maior riqueza desse grupo
145 conhecida para o estado (Pereira, 2018). Desse total, 18 espécies possuem adaptações
146 morfológicas para escalada.

147 Essa UC é cortada pela rodovia ERS-486 (Rota do Sol), que tem alto fluxo de veículos.
148 Estudos prévios demonstraram zonas críticas de atropelamentos de anfíbios e outros
149 vertebrados na área de sobreposição da estrada à reserva (Teixeira & Kindel, 2012). Em um
150 estudo mais recente, a partir de monitoramentos executados a pé apenas no trecho da rodovia
151 que corta a reserva, os anfíbios representam 90% dos atropelamentos de vertebrados
152 observados, com uma estimativa de 7373 indivíduos atropelados em seis meses - considerando
153 os erros amostrais (a eficiência dos observadores e a persistência das carcaças) (Zank et al.,
154 2019).

155 Nós realizamos os experimentos na antiga estrada da Vila Nova, que também passa por
156 dentro da REBIO, mas que hoje não é mais funcional e a mata encontra-se em processo de
157 regeneração (Figura 1; Figura 5A). Nas áreas adjacentes à estrada estão os banhados, de onde
158 capturamos os animais. A localização dos experimentos garantiu que as condições de
159 temperatura, umidade e luminosidade fossem similares ao ambiente de captura e que os
160 indivíduos que eventualmente saíram por conta própria das arenas pudessem retornar aos
161 banhados de origem.



162

163 Figura 1. Mapa da região, mostrando o polígono da REBIO Estadual Mata Paludosa, localizado no nordeste do
 164 Rio Grande do Sul, bem como a localização da rodovia muito próxima dos três principais banhados, onde
 165 capturamos os animais para os experimentos.

166 Experimentos

167 Todos os experimentos aconteceram com um modelo de cerca desenvolvido pela empresa
 168 Animex (<https://animexfencing.com/>) - já testada para bloquear anfíbios terrícolas (Boyle et
 169 al., 2021). O modelo é semelhante ao instalado na REBIO Mata Paludosa (AMX48/1220) com
 170 altura de 0,80 metros, produzido com polietileno de alta densidade reciclado (HDPE-2) e
 171 resistente a raios UV. Apesar de ser lisa, as pererecas conseguem se aderir facilmente ao
 172 material.

173 As cercas foram montadas no formato de arena quadrada com lados de 1 m de extensão
 174 (Figura 2; Figura 5E), de modo que as pererecas lá dentro colocadas não tivessem por onde
 175 escapar, senão pela parte superior. A altura inicial das cercas foi de 0,80 m. No entanto, a altura
 176 final, após a instalação das adaptações na aba superior (tratamentos), variou entre em 0,8 m e
 177 0,65 m, pois uma parte da estrutura foi utilizada para produzir as abas e a outra parte foi
 178 enterrada no solo. Testamos três desenhos de abas superiores (voltadas para o centro das
 179 arenas) que corresponderam aos tratamentos experimentais (Figura 2): 1) cerca sem dobra
 180 superior; 2) cerca com uma dobra de 10 cm na parte superior, 90° em relação ao eixo da cerca;

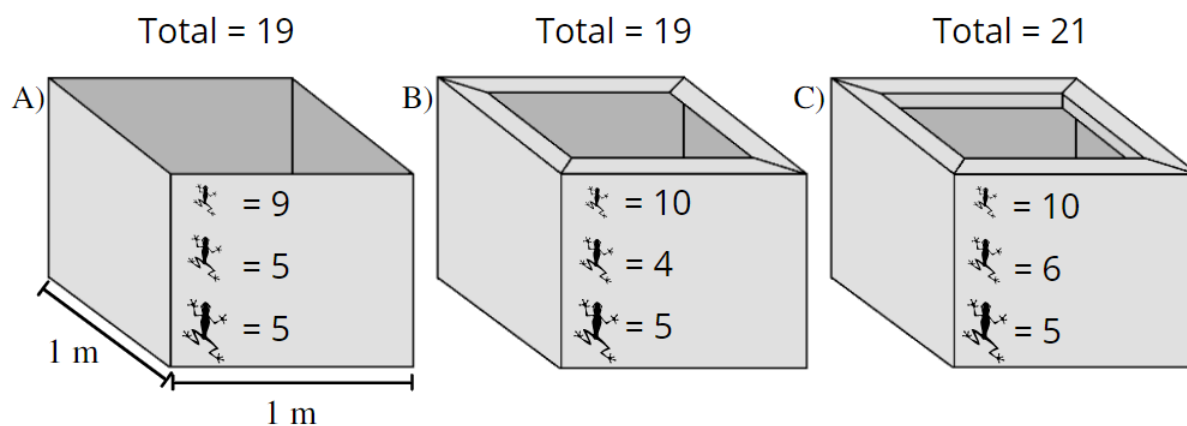
181 3) cerca com duas dobras na parte superior, de 10 cm em 90° em relação ao eixo da cerca e
182 outra de 5 cm, 180° em relação ao eixo da cerca.

183 Realizamos duas expedições a campo nos meses de setembro e outubro de 2021, nas
184 quais executamos os experimentos, totalizando quatro noites. Capturamos todos os espécimes
185 manualmente após o pôr do sol, os quais fotografamos, medimos e pesamos. As pererecas
186 ficaram no máximo 1h acondicionadas em sacos plásticos antes de iniciarmos os experimentos
187 e foram divididas proporcionalmente em cada arena (Figura 2). Como as espécies
188 compartilham o mesmo habitat e não há interações de predação entre elas, colocamos
189 múltiplos indivíduos (máximo sete) de mais de uma espécie, simultaneamente, em cada arena.

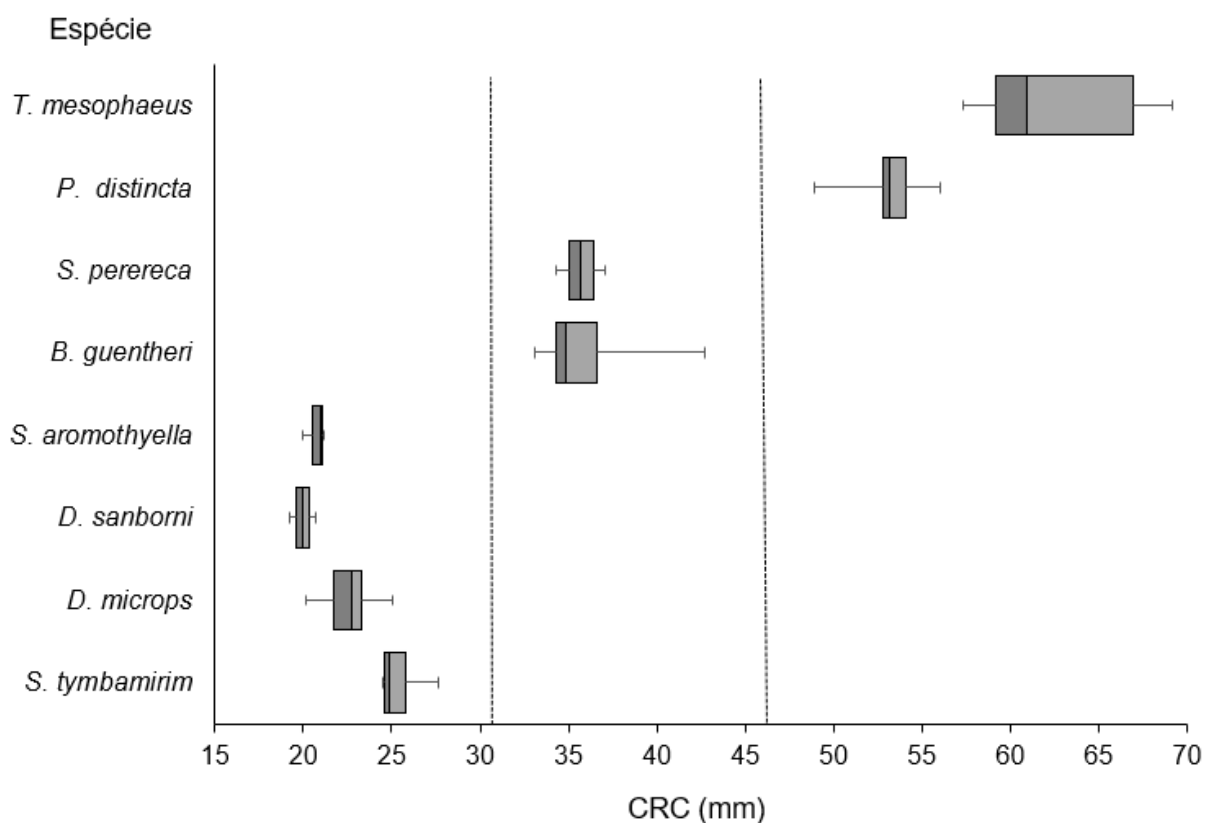
190 Durante 1h30min, monitoramos e registramos o comportamento das pererecas, seja por
191 meio de anotações, fotografias ou filmagens. Na manhã seguinte (10h após o início do
192 experimento), revisamos as arenas, retiramos todos os animais restantes e os devolvemos aos
193 banhados onde foram capturados. Cada indivíduo permaneceu por, no máximo, dez horas nas
194 arenas, sendo considerados, nesse caso, bloqueios bem-sucedidos.

195 O experimento envolveu 59 indivíduos de oito espécies arborícolas, abrangendo
196 diferentes tamanhos corporais e morfotipos de pererecas com ocorrência na REBIO (Figura
197 3), distribuídos equitativamente entre as arenas (Figura 2). As espécies são: perereca-leiteira
198 (*Trachycephalus mesophaeus*), perereca-macaca (*Phyllomedusa distincta*), perereca-de-
199 banheiro (*Scinax perereca*), perereca-assobiadora (*Boana guentheri*), perereca-do-brejo
200 (*Scinax tymbamirim*) e as pererequinhas *Scinax aramothyella*, *Dendropsophus sanborni* e
201 *Dendropsophus microps*. A seleção de espécies é importante para garantir que as cercas sejam
202 efetivas para uma ampla gama de morfotipos e que os resultados sejam aplicáveis em distintos
203 contextos, não só no Brasil, como em outras regiões.

204 Todos os procedimentos éticos foram seguidos, de acordo com a autorização do Comitê
205 de Ética no Uso de Animais N° 40879 e Autorização para pesquisa em Unidade de
206 Conservação 07/2021 SISBIO N°: 72701-2.



207
 208 Figura 2. Desenho esquemático das arenas utilizadas representando arena A) sem aba superior, B) com uma aba
 209 com dobra de 90°, C) com duas dobras, uma de 90° e outra de 180°, respectivamente. As silhuetas representam
 210 os agrupamentos de tamanho baseados no comprimento rostro-cloacal (CRC) dos indivíduos e os números
 211 correspondem ao tamanho da amostra para cada grupo.
 212



213
 214 Figura 3. Variação do comprimento rostro-cloacal (CRC) dos indivíduos de cada espécie utilizados nos
 215 experimentos de efetividade de bloqueio das cercas.
 216

217 Análises

218 A efetividade de cada tratamento foi avaliada a partir de uma regressão logística visando
 219 estimar a probabilidade de bloquear os anfíbios escaladores em cada tipo de aba superior da

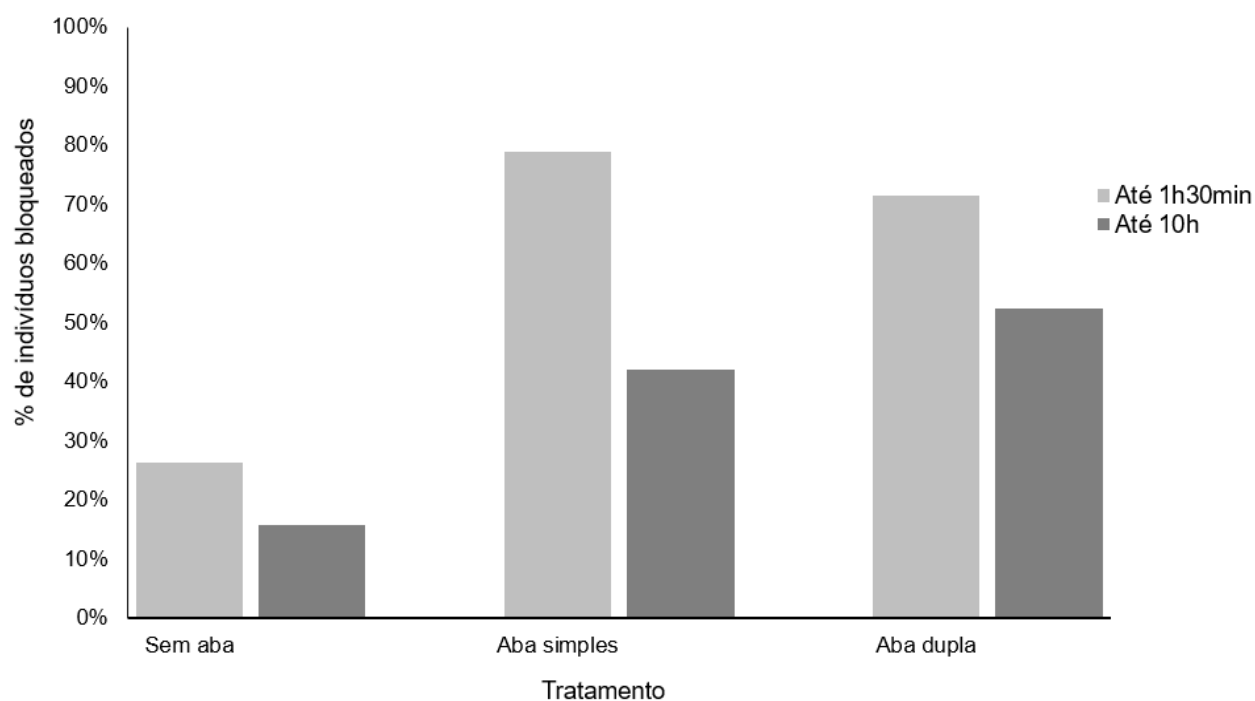
220 cerca. Utilizamos um modelo linear generalizado, família binomial, com função de ligação
221 logit, sendo a nossa variável dependente o sucesso ou não da cerca em bloquear os indivíduos
222 e a variável independente o tipo de aba superior da cerca (sem aba, aba simples e aba dupla).
223 Aplicamos um teste *posthoc* para avaliar a diferença entre os tratamentos par a par utilizando
224 o teste HSD (*Honestly Significant Difference*) de Tukey do pacote *multcomp* (Hothorn et al.,
225 2008). Para avaliar o ajuste do modelo utilizamos o teste de Hosmer-Lemeshow do pacote
226 *ResourceSelection*. Realizamos as análises no programa R Studio versão 1.1.414 (R Core
227 Team, 2019).

228

229 RESULTADOS

230 Em 1h30min de experimento, o número de pererecas bloqueadas na arena sem aba foi de
231 somente 26%, enquanto na arena de aba simples e de aba dupla o bloqueio foi similar (78% e
232 71%, respectivamente). A porcentagem de indivíduos bloqueados depois de 10h expostos ao
233 tratamento na arena sem aba foi de apenas 15%, enquanto na arena com aba simples foi de
234 42% e na arena com aba dupla foi de 52% (Figura 4).

235



236

237 Figura 4. Porcentagem de indivíduos bloqueados em cada um dos três tipos de abas (tratamentos).

238 O número total de animais expostos aos tratamentos foi insuficiente para analisarmos o
239 efeito do tamanho dos indivíduos na efetividade das abas em bloquear as pererecas. Cabe, no
240 entanto, chamar a atenção a alguns padrões comportamentais observados (Figura 5): as
241 espécies de pequeno porte, como as pererequinhas (*Dendropsophus sanborni* e *D. microps*)

242 parecem ser bastante ágeis para sair da cerca, visto que conseguem estender a perna e fixar um
 243 pé para o outro lado da aba (Figura 5C, G). Já a perereca-leiteira (*Trachycephalus*
 244 *mesophaeus*), uma espécie grande, conseguiu transpor as abas somente usando a parede lateral
 245 da arena como apoio e saltando para fora.

246 O modelo binomial aplicado aos dados indicou que os tratamentos de aba simples e
 247 dupla têm altas probabilidades de sucesso de bloqueio, ou seja, de os animais não conseguirem
 248 transpor a cerca. A razão de chances (*odds ratio*) para cada tipo de tratamento foi: 0,36 para o
 249 tratamento sem aba, 10,5 para o tratamento com aba simples e 7 para o tratamento com aba
 250 dupla, indicando que no tratamento sem aba a probabilidade de os animais ficarem dentro da
 251 área (sucesso) é bem menor do que a probabilidade de eles saírem, enquanto para os outros
 252 tratamentos a probabilidade de sucesso em bloqueá-los é maior. O teste HSD de Tukey indicou
 253 que o tratamento sem aba difere dos tratamentos de aba simples e dupla (tabela 1). O teste de
 254 Hosmer-Lemeshow indicou um bom ajuste do modelo aos dados ($p=1$).

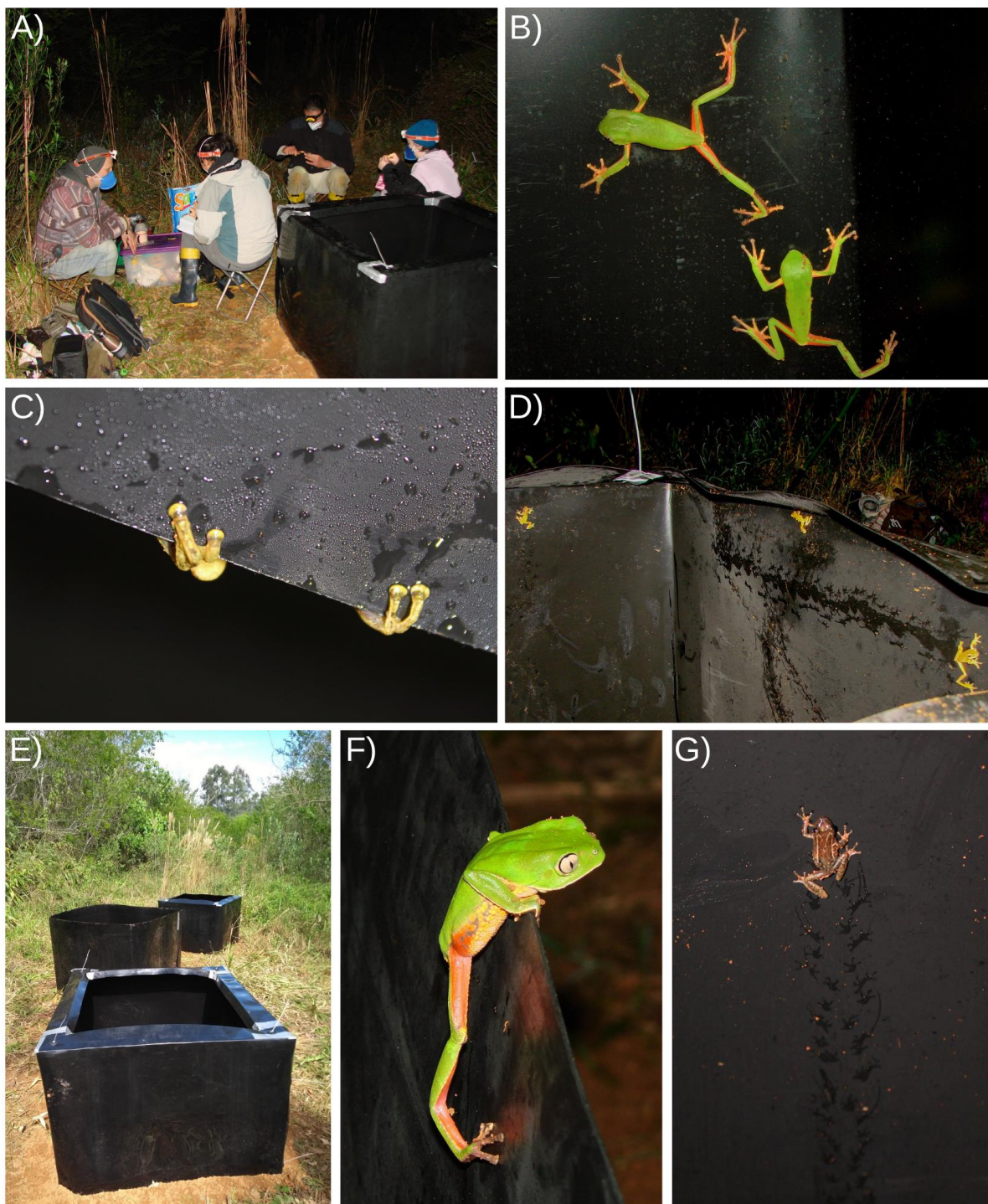
255

256 Tabela 1. Resultados do teste HSD (*Honestly Significant Difference*) de Tukey para avaliar a diferença par a par
 257 entre os tratamentos.

Comparação par a par			Coeficien	Erro		
			te	padrão	z	Pr(> z)
aba_simpl						
es	vs.	sem_aba	2.3514	0.7669	3.066	0.00611
aba_dupla	vs.	sem_aba	1.9459	0.7105	2.739	0.01695
aba_dupla		aba_simpl				
	vs.	es	-0.4055	0.7416	-0.547	0.84802

258

259



260
 261 Figura 5. A) Equipe de campo medindo e pesando os animais; B) *Phyllomedusa distincta* escalando a cerca; C)
 262 Agilidade dos indivíduos em transpor as abas; D) Indício de direcionamento dos indivíduos na cerca; E) As três
 263 arenas montadas; F) *Phyllomedusa distincta* saindo da arena sem aba; G) *Scinax tymbamirim* escalando a cerca.
 264 Fotos: Dener Heiermann (A, B, D, F), Maria E. B. Cunha (C, G), Caroline Zank (E).

265

266 DISCUSSÃO

267 Neste trabalho, avaliamos a funcionalidade de um modelo de cerca bloqueadora para múltiplas
 268 espécies de anfíbios arborícolas em uma UC no sul do Brasil. Testamos três tipos de abas

269 superiores nas cercas e os tratamentos que tiveram a maior efetividade foram aqueles com uma
270 aba simples e com aba dupla, apresentando resultados parecidos, ambos muito superiores à
271 cerca sem abas. Este é o primeiro estudo que testa a efetividade de cercas especificamente para
272 anfíbios arborícolas para uma gama tão alta de espécies e tamanhos corporais. A maioria dos
273 trabalhos testando efetividade de cercas para anfíbios não inclui os arborícolas (Dodd Jr et al.,
274 2004; Schmidt & Zumbach, 2008). No trabalho de Hughes et al. (2021), também foram
275 realizados experimentos visando encontrar uma cerca intransponível para anfíbios arborícolas,
276 mais especificamente para impedir que *Hyla regilla* acesse plantações nos Estados Unidos.
277 Nesse trabalho, foram realizados experimentos com quatro adaptações na cerca em formato de
278 arena. Eles obtiveram sucesso de 100% de bloqueio dessa espécie com uma adaptação de borda
279 igual a nossa aba simples (dobra de 10 cm em 90°). A outra estrutura que apontou ser
280 parcialmente eficiente (92% de bloqueio) para essa espécie foi a lixa colada na cerca, que
281 impede os animais de se fixarem a ela devido à porosidade. Existe, ainda, outro estudo testando
282 o efeito de uma aba na porção superior das armadilhas de queda “pitfalls”, mas somente para
283 espécies terrícolas (Mazerolle, 2003), e outro estudo que atesta que o mesmo sistema de abas
284 funciona (93% de bloqueio) para cobras arborícolas (Macpherson et al., 2021).

285 A efetividade dessas cercas com abas pode ser subestimada em experimentos realizados
286 em arenas. Nós constatamos, por observação direta, que algumas pererecas, especialmente
287 *Trachycephalus mesophaeus*, usavam a parede adjacente da arena para saltar para fora, uma
288 condição inexistente em uma cerca em linha reta. Uma hipótese adicional é que ao serem
289 confinados em uma arena de 1 x 1 m, os animais fiquem mais propensos a tentar escalar e
290 transpor a cerca do que em uma cerca extensa na beira de uma estrada, onde os animais poderão
291 ser direcionados a passagens inferiores ou superiores. Por outro lado, uma parte dos indivíduos
292 que foram usados para o experimento não estavam em atividade reprodutiva, o que pode ter
293 aumentado o sucesso das cercas, já que os indivíduos estariam menos motivados a transpassar
294 a barreira.

295 Sabemos que a função primária das cercas é evitar os atropelamentos, visto que a
296 mortalidade nesse local é altíssima (Beduschi, 2019; Biolaw Consultoria Ambiental, 2018;
297 Zank et al., 2019) e, provavelmente, mais prejudicial que o efeito da redução de conectividade
298 entre os banhados (Jackson & Fahrig, 2011). Uma segunda função das cercas é direcionar os
299 animais para as passagens de fauna (quando houver). Apesar de não ser o objetivo deste estudo,
300 observamos o comportamento de algumas pererecas de percorrerem a aba (indício de
301 direcionamento). Porém, outras pererecas usam a aba da cerca como abrigo, ficando paradas.

302 Seriam necessários mais experimentos, talvez com um desenho diferente, para avaliar essa
303 função direcionadora da cerca.

304 Esperamos que nosso estudo impulse a adoção de cercas com os dispositivos
305 específicos para bloquear anfíbios arborícolas em rodovias que transpõem ambientes de
306 interesse prioritários para conservação dessas espécies. Infelizmente, a condição de estradas
307 cruzando unidades de conservação, áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade, não
308 é uma particularidade da REBIO Mata Paludosa. Em 2012, o percentual de UCs federais
309 cortadas por rodovias no Brasil era de 62%, com previsão de aumentar (Botelho et al., 2012).
310 A abrangência de espécies e tamanhos corporais testados neste estudo indica que as cercas de
311 exclusão com abas podem ser implantadas em qualquer região do globo com espécies de
312 anfíbios arborícolas.

313

314 **CONFLITO DE INTERESSES**

315 Os autores declaram não haver conflito de interesses.

316

317 **ÉTICA**

318 Os autores confirmam que esse artigo cumpre os padrões de ética do jornal.

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336 **REFERÊNCIAS**

- 337 Abra, F. D., Granziera, B. M., Huijser, M. P., Ferraz, K. M. P. M. de B., Haddad, C. M., &
338 Paolino, R. M. (2019). Pay or prevent? Human safety, costs to society and legal
339 perspectives on animal-vehicle collisions in São Paulo state, Brazil. *PLOS ONE*, *14*(4),
340 e0215152. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215152>
- 341 Arevalo, J. E., Honda, W., Arce-Arias, A., & Häger, A. (2017). Spatio-temporal variation of
342 roadkills show mass mortality events for amphibians in a highly trafficked road adjacent
343 to a national park, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, *65*(4), 1261.
344 <https://doi.org/10.15517/rbt.v65i4.27903>
- 345 Beduschi, J. (2019). *Estimativa populacional e magnitude de atropelamentos em duas espécies*
346 *ameaçadas de anfíbios* [Dissertação de mestrado]. Universidade Federal do Rio Grande
347 do Sul.
- 348 Benítez-López, A., Alkemade, R., & Verweij, P. A. (2010). The impacts of roads and other
349 infrastructure on mammal and bird populations: A meta-analysis. *Biological*
350 *Conservation*, *143*(6), 1307–1316. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.02.009>
- 351 Biolaw Consultoria Ambiental. (2018). *Monitoramento de Fauna na rodovia ERS-486 (Rota*
352 *do Sol) no segmento que transpõe a Reserva Biológica Estadual Mata Paludosa, em*
353 *Itati, RS- Relatório final Etapa 1.*
- 354 Botelho, R., Bueno, C., & Bager, A. (2012). O impacto das rodovias em unidades de
355 conservação no Brasil. In: Anais do II Congresso Brasileiro de Ecologia de Paisagens e
356 II simpósio SCGISBR; 9-12 set. 2012; Salvador: Associação Internacional de Ecologia
357 de Paisagens do Brasil:233.
- 358 Bouchard, J., Ford, A. T., Eigenbrod, F. E., & Fahrig, L. (2009). Behavioral Responses of
359 Northern Leopard Frogs (*Rana pipiens*) to Roads and Traffic: Implications for
360 Population Persistence. *Ecology and Society*, *14*(2).
361 <https://www.jstor.org/stable/26268308>
- 362 Boyle, S. P. (2019). A road to conservation: Understanding the dynamics of road-effects and
363 road-effect mitigation [Thesis, Laurentian University of Sudbury].
364 <https://zone.biblio.laurentian.ca/jspui/handle/10219/3311>
- 365 Boyle, S. P., Keevil, M. G., Litzgus, J. D., Tyerman, D., & Lesbarrères, D. (2021). Road-effect
366 mitigation promotes connectivity and reduces mortality at the population-level.
367 *Biological Conservation*, *261*, 109230. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109230>
- 368 Bruinderink, G. W. T. A. G., & Hazebroek, E. (1996). Ungulate Traffic Collisions in Europe.
369 *Conservation Biology*, *10*(4), 1059–1067.

- 1739.1996.10041059.x
- Buchanan, B. W. (1993). Effects of enhanced lighting on the behaviour of nocturnal frogs. In *Animal Behaviour* (Vol. 45, Número 5, p. 893–899). <https://doi.org/10.1006/anbe.1993.1109>
- Caorsi, V., Guerra, V., Furtado, R., Llusia, D., Miron, L. R., Borges-Martins, M., Both, C., Narins, P. M., Meenderink, S. W. F., & Márquez, R. (2019). Anthropogenic substrate-borne vibrations impact anuran calling. *Scientific Reports*, 9(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55639-0>
- Coelho, I. P., Teixeira, F. Z., Colombo, P., Coelho, A. V. P., & Kindel, A. (2012). Anuran road-kills neighboring a peri-urban reserve in the Atlantic Forest, Brazil. *Journal of Environmental Management*, 112, 17–26. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.07.004>
- Conover, M. R., Pitt, W. C., Kessler, K. K., DuBow, T. J., & Sanborn, W. A. (1995). Review of Human Injuries, Illnesses, and Economic Losses Caused by Wildlife in the United States. *Wildlife Society Bulletin (1973-2006)*, 23(3), 407–414.
- Cunnington, G. M., Garrah, E., Ewen, E., & Fahrig, L. (2014). Culverts alone do not reduce road mortality in anurans. *Ecoscience*, 21(1), 69–78. <https://doi.org/10.2980/21-1-3673>
- Dodd Jr, C. K., Barichivich, W. J., & Smith, L. L. (2004). Effectiveness of a barrier wall and culverts in reducing wildlife mortality on a heavily traveled highway in Florida. *Biological Conservation*, 118(5), 619–631. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2003.10.011>
- Fahrig, L., Pedlar, J. H., Pope, S. E., Taylor, P. D., & Wegner, J. F. (1995). Effect of road traffic on amphibian density. *Biological Conservation*, 73(3), 177–182. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(94\)00102-V](https://doi.org/10.1016/0006-3207(94)00102-V)
- Fahrig, L., & Rytwinski, T. (2009). Effects of roads on animal abundance: An empirical review and synthesis. *Ecology and Society*, 14(1). <https://doi.org/10.5751/ES-02815-140121>
- Gibbs, J. P., & Shriver, W. G. (2005). Can road mortality limit populations of pool-breeding amphibians? *Wetlands Ecology and Management*, 13(3), 281–289. <https://doi.org/10.1007/s11273-004-7522-9>
- Glista, D. J., DeVault, T. L., & DeWoody, J. A. (2008). Vertebrate road mortality predominantly impacts amphibians. *Herpetological Conservation and Biology*, 3(1), 77–87.
- Hels, T., & Buchwald, E. (2001). The effect of road kills on amphibian populations. *Biological Conservation*, 99(3), 331–340. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00215-9](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00215-9)

- 404 Hothorn, T., Bretz, F., & Westfall, P. (2008). Simultaneous Inference in General Parametric
405 Models. *Biometrical Journal*, 50(3), 346–363. <https://doi.org/10.1002/bimj.200810425>
- 406 Hughes, D. F., Green, M. L., Warner, J. K., & Davidson, P. C. (2021). Evaluating Exclusion
407 Barriers for Treefrogs in Agricultural Landscapes. *Wildlife Society Bulletin*, 45(2), 305–
408 311. <https://doi.org/10.1002/wsb.1168>
- 409 IUCN 2021. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-2.
410 <https://www.iucnredlist.org>. Downloaded on [10.11.2021].
- 411 Jackson, N. D., & Fahrig, L. (2011). Relative effects of road mortality and decreased
412 connectivity on population genetic diversity. *Biological Conservation*, 144(12), 3143–
413 3148. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.09.010>
- 414 Jacobson, S. L., Bliss-Ketchum, L. L., Rivera, C. E., & Smith, W. P. (2016). A behavior-based
415 framework for assessing barrier effects to wildlife from vehicle traffic volume.
416 *Ecosphere*, 7(4). <https://doi.org/10.1002/ecs2.1345>
- 417 Langowski, J. K. A., Rummenie, A., Pieters, R. P. M., Kovalev, A., Gorb, S. N., & Van
418 Leeuwen, J. L. (2019). Estimating the maximum attachment performance of tree frogs
419 on rough substrates. *Bioinspiration and Biomimetics*, 14(2).
420 <https://doi.org/10.1088/1748-3190/aafc37>
- 421 Laurance, W. F., Albernaz, A. K. M., Schroth, G., Fearnside, P. M., Bergen, S., Venticinque,
422 E. M., & Da Costa, C. (2002). Predictors of deforestation in the Brazilian Amazon.
423 *Journal of Biogeography*, 29(5–6), 737–748. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2002.00721.x>
- 424
- 425 Macpherson, M. R., Litzgus, J. D., Weatherhead, P. J., & Loughheed, S. C. (2021). Barriers for
426 big snakes: Incorporating animal behaviour and morphology into road mortality
427 mitigation design. *Global Ecology and Conservation*, 26, e01471.
428 <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01471>
- 429 Marsh, D. M., & Jaeger, J. A. G. (2015). Direct effects of roads on small animal populations.
430 In K. M. Andrews, P. Nanjappa, & S. P. D. Riley, *Roads and ecological infrastructure:
431 Concepts and applications for small animals* (p. 42–56). Johns Hopkins University
432 Press.
- 433 Mazerolle, M. (2003). Using rims to hinder amphibian escape from pitfall traps. *Herpetological
434 Review*, 34, 213–215.
- 435 Pereira, D. (2018). *Assembleia de anuros em uma reserva na Mata Atlântica do Sul do Brasil:
436 Respostas a fatores climáticos e uso de habitat*. Salão de Iniciação Científica, UFRGS -
437 Porto Alegre. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/192070>

- 438 Pinto, F. A. S., Clevenger, A. P., & Grilo, C. (2020). Effects of roads on terrestrial vertebrate
439 species in Latin America. *Environmental Impact Assessment Review*, *81*, 106337.
440 <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.106337>
- 441 R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R
442 Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL [https://www.R-](https://www.R-project.org/)
443 [project.org/](https://www.R-project.org/).
- 444 Riley, S. P. D., Pollinger, J. P., Sauvajot, R. M., York, E. C., Bromley, C., Fuller, T. K., &
445 Wayne, R. K. (2006). A southern California freeway is a physical and social barrier to
446 gene flow in carnivores: PHYSICAL and SOCIAL BARRIER TO GENE FLOW.
447 *Molecular Ecology*, *15*(7), 1733–1741. [https://doi.org/10.1111/j.1365-](https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2006.02907.x)
448 [294X.2006.02907.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2006.02907.x)
- 449 Rio Grande do Sul. (2014). Espécies da Fauna Silvestre Ameaçadas de Extinção no Estado do
450 Rio Grande do Sul. Decreto Estadual N°51.797 de 8 de Setembro de 2014. *Diário*
451 *Oficial do Rio Grande do Sul*, *173*, 1–22.
- 452 Russell, A. P., Bauer, A. M., & Johnson, M. K. (2005). Migration in amphibians and reptiles:
453 An overview of patterns and orientation mechanisms in relation to life history strategies.
454 In A. M. T. Elewa (Org.), *Migration of Organisms: Climate Geography Ecology* (p.
455 151–203). Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-26604-6_7
- 456 Schmidt, B. R., & Zumbach, S. (2008). *Amphibian Road Mortality and How to Prevent It: A*
457 *Review*. <https://doi.org/10.5167/UZH-10142>
- 458 Seabrook, W. A., & Dettmann, E. B. (1996). Roads as Activity Corridors for Cane Toads in
459 Australia. *The Journal of Wildlife Management*, *60*(2), 363.
460 <https://doi.org/10.2307/3802236>
- 461 Segalla, M. V., Berneck, B., Canedo, C., Caramaschi, U., Cruz, C. A. G., Garcia, P. C. A.,
462 Grant, T., Haddad, C. F. B., Lourenço, A. C. C., Mângia, S., Mott, T., Nascimento, L.
463 B., Toledo, L. F., Werneck, F. P., & Langone, J. A. (2021). *List of Brazilian Amphibians*.
464 <https://doi.org/10.5281/ZENODO.4716176>
- 465 Teixeira, F. Z., Coelho, A. V. P., Esperandio, I. B., & Kindel, A. (2013). Vertebrate road
466 mortality estimates: Effects of sampling methods and carcass removal. *Biological*
467 *Conservation*, *157*, 317–323. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.09.006>
- 468 Teixeira, F. Z., & Kindel, A. (2012). Atropelamentos de animais silvestres na Rota do Sol:
469 Como minimizar esse conflito e salvar vidas? In *Gestão ambiental e negociação de*
470 *conflitos em unidades de conservação do nordeste do Rio Grande do Sul* (p. 75–94).
- 471 van der Ree, R., Smith, D. J., & Grilo, C. (2015). The Ecological Effects of Linear Infrastructure

- 472 and Traffic: Challenges and Opportunities of Rapid Global Growth. In R. van der Ree,
473 D. J. Smith, & C. Grilo (Orgs.), *Handbook of Road Ecology* (p. 1–9). John Wiley &
474 Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118568170.ch1>
- 475 Zank, C., Beduschi, J., Pereira, D., Heiermann, D., Freire, M. D., Colombo, P., Kellermann, A.,
476 Cunha, A., Ramos, B. C., Rocha, D. B., Cunha, M. E. B., Rosa, M. V., Oliveira, G. S.,
477 Campos, G. D. B., Miranda, É. M., Vargas, N. D., Gohlke, S. F., Leite, L. C. de L., &
478 Kindel, A. (2019). Avaliação da mortalidade por atropelamento e proposição de medidas
479 mitigadoras para anfíbios em um hotspot de biodiversidade no Rio Grande do Sul.
480 *Revista Estradas*, 24, 26–32.