

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MICHELLE MICARELLI STRUETT

**DINÂMICA POPULACIONAL DE *HYLODES HEYERI* HADDAD, POMBAL &
BASTOS 1996 (ANURA, HYLODIDAE)**

CURITIBA

2018

MICHELLE MICARELLI STRUETT

**DINÂMICA POPULACIONAL DE *HYLODES HEYERI* HADDAD, POMBAL &
BASTOS 1996 (ANURA, HYLODIDAE)**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em 2018, no Curso de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Mauricio O. Moura

CURITIBA

2018

Universidade Federal do Paraná. Sistema de Bibliotecas.
Biblioteca de Ciências Biológicas.
(Giana Mara Seniski Silva – CRB/9 1406)

Struett, Michelle Micarelli

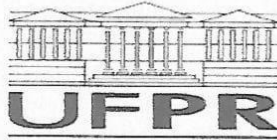
Dinâmica populacional de *Hylodes heyeri* Haddad, Pombal & Bastos
1996 (Anura, Hylodidae). / Michelle Micarelli Struett. – Curitiba, 2018.
34 f.: il. ; 30cm.

Orientador: Mauricio O. Moura

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de
Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e
Conservação.

1. Rã 2. Anuro 3. Animais - População I. Título II. Moura, Mauricio
Osvaldo III. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas.
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação.

CDD (20. ed.) 597.87



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ECOLOGIA E
CONSERVAÇÃO

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **MICHELLE MICARELLI STRUETT** intitulada: **Dinâmica populacional de *Hylodes heyeri* Haddad, Pombal & Bastos 1996 (Anura, Hylodidae)**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 21 de Fevereiro de 2018.

MAURICIO OSVALDO MOURA
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

MAJA KAJIN
Avaliador Externo (UERJ)

MARCIO ROBERTO PIE
Avaliador Interno (UFPR)



AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais que sempre me apoiaram nos estudos, mesmo sendo a única da família na área de biológicas. Pai e mãe, obrigada pelo suporte e até pelo financiamento as vezes das minhas idas à campo. A distância e a saudade são grandes, mas se estou onde cheguei é por ajuda e incentivo de vocês.

Agradeço o meu orientador Dr. Maurício O. Moura por aceitar orientar uma pé-vermelho “às cegas”. Você sempre confiou em mim desde o começo, me acompanhou na primeira vez que fui conhecer a área de pesquisa (mesmo não indo há anos para campo), por me aturar nas diversas dúvidas no R, pelos meus desesperos e ansiedade com as coisas, pelos cafés matinais diários. Você é um orientador maravilhoso! Obrigada por saber ler minhas expressões e se preocupar comigo!

Agradeço a todos meus colegas do Laboratório de Dinâmicas Ecológicas, MouraLab: Nitz, Júlia, Sá, Zulucas, Rudá, Luana, Tritão e Pet. Ao Nitz por me aturar com minhas dúvidas, por discutir comigo meu projeto, pelas conversas e cafés.

Obrigada Pet, por me levar ao campo e apresentar o mundo dos anuros, pelos diversos campos juntos, happy-hours, conversas da vida e por descobrir que eu precisava de um aparelho auditivo! Você foi fundamental na jornada!

Agradeço ao Lucas Crivellari (Zulucas) por ir à praticamente todos os campos comigo, me apoiar e incentivar na vida acadêmica, pelos diversos ensinamentos de campo e para vida, por aguentar meus dias de alegria e de tristeza. Sei que você sentirá falta dos meus hambúrgueres de campo.

Agradeço enormemente às pessoas que me acompanharam nesse um ano de campo: Pet, Rudá, Allanzito, Chewie (Pedro Calixto), Elvira, Luana, Zulucas e Caio M. Mello. Ao Pedro Bird por ter salvado eu e o Rudá quando nos perdemos na trilha do Salto. Obrigada a todos, de coração!

Agradeço também meus amigos de fora da academia, que me aturaram falar da minha pesquisa mesmo não entendendo “nada”, mas estavam ali sempre me apoiando moralmente: Ju baleia, Kakalla, Carol Barbeiro, Bru, Shara, Valéria, Carol Guimarães.

Agradeço ao Dr. Daniel P. Bruschi pela parceria de laboratório e pesquisa, por ter feito o cariótipo desta espécie de anuro. Você é meu professor de referência dos tempos de UEM e fico feliz da UFPR ter nos unido, obrigada pela amizade!

Agradeço ao professor Dr. James J. Roper pela enorme ajuda com o RMark, estatísticas e interpretação dos dados. Também agradeço ao professor Luis F. Fávoro pela ajuda laboratorial e pelas conversas.

Agradeço enormemente a Bruna que além de ser uma amiga incrível, me acompanhou nessa jornada desde quando prestei a prova, que torceu por mim desde sempre. Você por morar comigo e me acompanhar em quase todas confraternizações do lab sabe cada detalhezinho do meu trabalho. Agora aguenta eu mais quatro anos falando de sapinhos. Outra pessoa importante para mim é o Allan, você foi minha mãe aqui em Curitiba: me ajudou demais, cuidou de mim, até me educou. Obrigada pelos mimos, pelos chás, pelos treinos e até por trazer remédio de dor de cabeça/muscular para mim!

Agradeço a primeira menina que conheci na UFPR e em Curitiba: Elvira de Bastiani. Tua amizade foi muito importante para mim, mesmo que somos muito diferentes em vários aspectos, nos entendemos e aprendemos muitas coisas. Você sempre me ajudou em tudo, seja na vida pessoal quanto acadêmica. Que nossa amizade prevaleça e no doutorado tenhamos mais ideias e projetos juntos, assim como foi no mestrado.

Por fim, agradeço ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP) e ao ICMBio pela autorização e licença para minha pesquisa. À Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) que administra os Mananciais da Serra, pela permissão e acesso à área. Agradeço à bióloga, Ana Cristina, por me apresentar o local e também aos vigilantes pelas conversas e companhia nas idas de campo, Ricardo e Cláudia.

Eu aprendi que a coragem não é a ausência de medo, mas o triunfo sobre ele. O homem corajoso não é aquele que não sente medo, mas aquele que conquista por cima do medo.

(NELSON MANDELA)

RESUMO

A variação ambiental influencia a dinâmica, persistência e abundância de indivíduos e a compreensão desses processos está entre os objetivos fundamentais da ecologia populacional. Assim, a estimativa dos parâmetros demográficos e a identificação de quais fatores determinam a flutuação desses parâmetros são necessários para entender a dinâmica temporal e espacial. Os anuros compreendem alguns dos vertebrados mais ameaçados, com um número cada vez maior de populações em declínio. A rã diurna *Hylodes heyeri*, endêmica da Floresta Atlântica do Brasil, é encontrado em riachos nos estados do Paraná, São Paulo e Santa Catarina. Considerando tanto a necessidade quanto a importância de dados demográficos, estimamos parâmetros populacionais de duas populações, de outubro de 2016 a setembro de 2017, no Parque Estadual Pico do Marumbi, no Paraná. Os adultos foram encontrados por busca ativa visual e auditiva, às vezes usando *playbacks*. Cada indivíduo capturado foi unicamente marcado com um cinturão de miçangas codificada por cores. A temperatura do ar e a umidade relativa foram anotadas no momento de captura e a precipitação foi obtida da estação meteorológica mais próxima. Os dados de captura-recaptura foram analisados usando modelos de Cormack-Jolly-Seber para uma população aberta para estimar a sobrevivência aparente (Φ) e a capturabilidade (p). Já, para estimar o tamanho populacional foi utilizando o modelo Jolly-Seber (POPAN), ambos com o pacote RMark. Um total de 120 indivíduos foram capturados e 89 recapturados (80 e 59 em um riacho, 40 e 30 no outro). Três modelos com o mesmo grau de explicação resultaram em sobrevivência mensal constante de 0.38 (IC 95% = 0.34 – 0.94) nos dois riachos. Esses modelos diferem somente no efeito das covariáveis na capturabilidade que variou entre temperatura do ar (maior durante temperaturas mais quentes) e entre os locais, o que sugere um efeito de habitat e comportamental nas capturas. O tamanho populacional estimado em um riacho variou de 1 a 33 indivíduos, e o outro de 0 a 11 indivíduos por ocasião, com valores maiores no período reprodutivo. Assim, a sobrevivência de *H. heyeri* foi similar nas duas populações, com diferentes tamanhos populacionais e conseqüentemente, com a capturabilidade variando ao longo do tempo e da localização.

Palavras-chave: Parâmetros populacionais. Marcação-recaptura. Rã-de-corredeira

ABSTRACT

Environmental variation influences dynamics, persistence and abundance of individuals and understanding these processes is among the fundamental goals of population ecology. Thus, estimating demographic parameters and identifying which factors determine the fluctuation on these parameters are required in order to understand temporal and spatial dynamics. Anurans comprise some of the most endangered vertebrates, with ever increasing numbers of populations in decline. The diurnal frog *Hylodes heyeri*, endemic to the Atlantic Florest of Brazil, is found in streams in the states of Paraná, São Paulo and Santa Catarina. Considering both the necessity and the importance of demographic data, we estimate population parameters in two populations, from October 2016 to September 2017, in Pico do Marumbi State Park, Paraná. Adults were found by visual and auditive encounter surveys, sometimes using playbacks. Each individual captured was uniquely marked with a color-coded waist band. The air temperature and relatively humidity were noted at the time of capture and the rainfall was obtained from the nearest weather station. Capture-recapture data were analyzed using Cormack–Jolly–Seber models for an open population to estimate apparent survival (Φ) and capturability (p). And, to estimate the population size we use the Jolly-Seber (POPAN) model, both with the package RMark. A total of 120 individuals were captured with 89 recaptured (80 and 59 in one stream, 40 and 30 in the other). Three similar models with the same degree of explanation resulted in 0.38 (95% CI = 0.34 - 0.94) of constant monthly survival in both streams. These models differ only in the effect of covariates in the capturability that varied between air temperature (higher during higher temperatures) and between sites, which suggests a habitat and behavioral effect on captures. The estimated population size in the first stream varied from 1 to 33 individuals, and the another from 0 to 11 individuals each occasion, with higher values in the reproductive period. Thus, the survival of *H. heyeri* was similar in the two populations, with different population sizes and consequently, with capturability varying over time and location.

Key-words: Population parameters. Mark-recapture. Torrent frog

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - MAPA MOSTRANDO A LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO NO PARQUE ESTADUAL PICO DO MARUMBI. PONTO PRETO REPRESENTA A LOCALIZAÇÃO DOS RIACHOS.....16
- FIGURA 2 - IDENTIFICAÇÃO SEXUAL DE *HYLODES HEYERI*. (A) INDIVÍDUO EM ATIVIDADE DE VOCALIZAÇÃO EVIDENCIANDO OS DOIS SACOS VOCAIS, (B) VENTRE DO MACHO, FLECHAS INDICAM O SACO VOCAL E (C) VENTRE DA FÊMEA.....19
- FIGURA 3 - *HYLODES HEYERI* COM MARCAÇÃO DE CINTA PÉLVICA COM MIÇANGAS (INDIVÍDUO 85).....19
- FIGURA 4 - FREQUÊNCIA DE CAPTURAS E RECAPTURAS DE *HYLODES HEYERI* EM CADA RIACHO NO PARQUE ESTADUAL PICO DO MARUMBI, NO PERÍODO DE OUTUBRO/2016 A SETEMBRO/2017.....23
- FIGURA 5 – ESTIMATIVAS DE TAMANHO POPULACIONAL (N) DE *HYLODES HEYERI* POR OCASIÃO DE CAPTURA EM CADA LOCAL AMOSTRADO NO PARQUE ESTADUAL PICO DO MARUMBI, NO PERÍODO DE NOVEMBRO/2016 A SETEMBRO/2017. CADA MÊS COM DUAS OCASIÕES DE CAPTURAS, EXCETO JUNHO QUE TEM TRÊS. BARRA PRETA INDICA O PERÍODO REPRODUTIVO...26

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - RESULTADO DA SELEÇÃO DE MODELOS PARA SOBREVIVÊNCIA (ϕ), CAPTURABILIDADE (P) E TAMANHO POPULACIONAL (N) PARA DUAS POPULAÇÕES DE *HYLODES HEYERI* EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA DO AR (TEMP), PRECIPITAÇÃO ACUMULADA MENSAL (CHUVA), DO LOCAL (POPULAÇÃO NO RIACHO 1 OU 2), SEM VARIAÇÃO (.) E VARIAÇÃO NO TEMPO (T). $PENT$ = ENTRADA DE INDIVÍDUOS; K = NÚMERO DE PARÂMETROS; W = PESO DO MODELO; $AICC$ = VALOR DE AIC CORRIGIDO PARA PEQUENAS AMOSTRAS; $\Delta AICC$ = DIFERENÇA DO PRIMEIRO MODELO E O ATUAL; DESVIO = DESVIO RESIDUAL DO MODELO SATURADO.....24

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	15
2.1	ÁREA DE ESTUDO	15
2.2	AMOSTRAGEM.....	17
2.3	ANÁLISE DOS DADOS	20
3	RESULTADOS	22
3.1	SOBREVIVÊNCIA APARENTE E CAPTURABILIDADE	23
3.2	TAMANHO POPULACIONAL	26
4	DISCUSSÃO	27
4.1	SOBREVIVÊNCIA APARENTE E CAPTURABILIDADE	27
4.2	TAMANHO POPULACIONAL	28
	REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

Os estudos de dinâmica de populações buscam determinar quais fatores são responsáveis pelas variações nos parâmetros populacionais ao longo do tempo e espaço. Estes parâmetros incluem variáveis como abundância, taxa de crescimento e sobrevivência que são essenciais para determinar o risco de extinção e as tendências temporais da população (COLE, 2014). Ao mesmo tempo, a necessidade de dados populacionais em diversas áreas, os métodos e técnicas estatísticas e de campo utilizados para estimar esses parâmetros foram se desenvolvendo, aumentando a confiabilidade das estimativas demográficas e de sua aplicabilidade (POLLOCK, 1991; WHITE; BURNHAM, 1999).

Os estudos de modelagem populacional mais usuais utilizam o método de marcação-recaptura para estimar parâmetros demográficos (AMSTRUP et al., 2010), como a sobrevivência e dispersão, que quando incorporados a modelos de dinâmica de populações permitem determinar as tendências atuais da população ou mesmo fazer previsões (SCHMIDT et al., 2002; VASCONCELLOS, 2009). Nos modelos de marcação e recaptura, os parâmetros como sobrevivência e a capturabilidade são estimados por funções de probabilidade associadas com o histórico de capturas de cada indivíduo. Assim, entre cada ocasião de captura existe uma probabilidade de o indivíduo ser encontrado ou não. A recaptura do indivíduo no local confirma que ele sobreviveu entre uma ocasião e outra. No entanto, sua ausência indica que ele pode não ter sido detectado, emigrou ou não sobreviveu, sendo, portanto, necessário levar em consideração essa incerteza na estimativa dos parâmetros demográficos (GUIMARÃES et al., 2014). Assim, as estimativas de sobrevivência e capturabilidade são computadas ao final de todo o período por uma probabilidade binomial dos períodos, onde animais com o mesmo histórico de capturas tem a mesma expressão de probabilidade, tornando-se então o expoente da probabilidade correspondente (LEBRETON et al, 1992; COOCH; WHITE, 2007; LAAKE, 2013)

As variáveis climáticas, como fatores independentes da densidade de uma população, são consideradas um fator importante na dinâmica das populações de anuros (DUELLMAN; TRUEB, 1994; BEEBEE; GRIFFITHS, 2005). De maneira geral, esse efeito ocorre devido a suscetibilidade às alterações de variáveis ambientais, principalmente por características estruturais da pele e ectotermia.

Assim, as variáveis climáticas, principalmente a umidade relativa e a temperatura do ar, podem influenciar a sobrevivência, o sistema imunológico, o comportamento e a reprodução em Anura (BEEBEE; GRIFFITHS, 2005; BLAUSTEIN et al., 2010; ROLLINS-SMITH, 2017). Como consequência, as influências das variações climáticas nas características individuais dos organismos devem alterar a dinâmica temporal em populações de anuros (LAWLER et al., 2006).

Mesmo muitas espécies sendo ameaçadas, são poucos os estudos demográficos com anuros (LAWLER, 2006), principalmente de dinâmica populacional. Os parâmetros populacionais podem ser sensíveis e influenciados de diferentes formas em cada estágio de desenvolvimento dos anuros em resposta as variações do ambiente (BECKER et al., 2018). Especialmente, as taxas de crescimento e sobrevivência populacional são mais sensíveis às mudanças ambientais na fase pós-metamorfose dos anfíbios (LAMPO; DE LEO, 1998; BIEK et al., 2002; VONESH; DE LA CRUZ, 2002). Por exemplo, em diversas espécies de anuros a sobrevivência nos estágios juvenil e adultos tem uma maior susceptibilidade a flutuações populacionais do que as fases pré-metamorfose. (BIEK et al., 2002; GRIFFITHS et al., 2010; BIONDA et al., 2013). Desse modo, a história de vida e a demografia de indivíduos adultos possui um papel marcante na dinâmica populacional das espécies. Porém, o estudo demográfico da espécie invasora rã-touro, *Lithobates catesbeianus* Shaw, 1802, demonstrou que a taxa de crescimento populacional foi influenciada tanto pela taxa de desenvolvimento dos girinos (velocidade de desenvolvimento) quanto pela sobrevivência nos estágios pós-metamórficos iniciais (GOVINDARAJULU et al., 2005), demonstrando quais os estágios de desenvolvimento mais influentes na dinâmica, para se investir os esforços de controle populacional nessa espécie invasora de maneira mais efetiva. Assim, principalmente num contexto de conservação de anuros, identificar os fatores que determinam as taxas de crescimento ou declínio populacional e as características individuais dos organismos associadas a essas mudanças são relevantes para estabelecer cenários ecológicos e evolutivos nessa dinâmica (GRIFFITH et al., 2016).

Anuros do gênero *Hylodes* Fitzinger, 1826 são diurnos e associados à riachos com rochas e pouco volume de água, exclusivamente no interior de florestas (HADDAD; GIARETTA 1999; HATANO; ROCHA; VAN SLUYS, 2002; NARVAES;

RODRIGUES, 2005; ALMEIDA-GOMES et al., 2007). A família Hylodidae Günther, 1858 possui uma dieta generalista, composta por exemplo de Insecta, Annelida, Chilopoda, Crustacea, Diplopoda, Arachnida, Mollusca e até outros anuros, como *Ololygon* sp. (Anura, Hylidae) (ALMEIDA-GOMES et al., 2007; CALDART et al., 2012; MACHADO et al., 2016; ALVES; TOLEDO, 2017). Diante disso, seus principais predadores são aqueles que forrageiam no interior de riachos, principalmente juvenis de *Bothrops jararaca* Wied-Neuwied, 1824 que consomem diversos anuros de riachos, como *H. asper* Müller, 1924, *H. phyllodes* Heyer e Ccroft, 1986, *Cycloramphus boraceiensis* Heyer, 1983, *Physalaemus* sp. (HARTMANN; HARTMANN; GIASSON, 2003).

A rã de corredeira, *Hylodes heyeri* Haddad, Pombal e Bastos 1996, é endêmica de riachos da Floresta Atlântica ocorrendo nos estados do Paraná, São Paulo e em Santa Catarina (DE CARLI MONTEIRO, 2014). Além da descrição morfológica de adultos (HADDAD, POMBAL; BASTOS, 1996) e de girinos (COSTA, 2009), padrões de vocalização (LINGNAU; BASTOS, 2007) e de estruturação espacial da população (BELTRAMIN, 2014) existe uma carência de informações sobre *Hylodes heyeri*, que determinam seu status de conservação como sendo de dados deficientes (SEGALLA; PAVA, 2014). Assim, para começar a preencher as lacunas de informação descrevemos a dinâmica da população de *H. Heyeri*.

Considerando que há fatores ambientais que influenciam nos parâmetros populacionais e que a dinâmica temporal descreve a trajetória das populações, o objetivo foi estimar parâmetros populacionais de duas populações de *Hylodes heyeri* usando dados de marcação-recaptura. Para isso, foi estimada (1) a taxa de sobrevivência aparente e a (2) capturabilidade para cada população, (3) influências de variáveis climáticas nestes parâmetros e (4) o tamanho populacional em cada população amostrada. Espera-se que estes parâmetros sejam similares, porque a distância entre as populações é pequena, estando sob a influência das mesmas variáveis climáticas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no Parque Estadual Pico Marumbi (PEPM), na localidade de Mananciais da Serra, no município de Piraquara, Estado do Paraná (FIGURA 1) (STRUMINSKI, 2002). A área é um ecótono, caracterizada pela transição entre a Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Ombrófila Densa Montana (REGINATO; GOLDENBERG, 2007).

O clima é subtropical úmido mesotérmico, com verões frescos e geadas frequentes, correspondente ao clima Cfb da escala Köppen (MAACK, 1981). No mês mais frio a temperatura média é de 13°C e de 21°C, no mês mais quente. A precipitação acumulada anual é de até 1800 mm (CAVIGLIONE et al., 2000).

FIGURA 1 – MAPA MOSTRANDO A LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO NO PARQUE ESTADUAL PICO DO MARUMBI. PONTO PRETO REPRESENTA A LOCALIZAÇÃO DOS RIACHOS.



Foram utilizados dois riachos para este estudo, separados por dois quilômetros de distância. O riacho 1 (25° 29' 22"S; 48° 58' 33"O) está inserido em uma área correspondente a Floresta Ombrófila Densa Montana e o riacho 2 (25° 29' 23"S; 48° 58' 37"O) em uma área de Transição (REGINATO; GOLDENBERG, 2007). Esses dois riachos amostrados estão situados no interior da mata e tem pouco

volume de água, aproximadamente 20 centímetros de lâmina de água, a partir do substrato. Dentro dos riachos há muitas rochas que são utilizadas como sítio de vocalização por *Hylodes* spp. nos períodos reprodutivos (NARVAES; RODRIGUES, 2005; ALMEIDA-GOMES et al., 2007; MACHADO et al., 2016; DE SÁ; HADDAD, 2016). A presença de rochas favorece as atividades reprodutivas, pois os indivíduos tendem a permanecer em cima de rochas dentro de córregos para facilitar a comunicação auditiva e visual. Além disso, na presença do predador podem fugir facilmente, mergulhando na água (NARVAES; RODRIGUES, 2005; ALMEIDA-GOMES et al., 2007; MACHADO et al., 2016). Além das rochas, há grandes fendas de rochas formando praticamente uma toca ou caverna. Na lateral dos riachos ocorrem barrancos de terra e serrapilheira, com árvores e plantas herbáceas ao longo de toda a margem. O riacho 1 possuía maior quantidade de microhabitats utilizados como sítios de vocalização e esconderijos de *H. heyeri*, como rochas e fendas (210% versus 118%), do que o outro (observação pessoal). Esta diferença estrutural no habitat e presença de predadores pode refletir em diferentes tamanhos populacionais.

2.2 AMOSTRAGEM

O período do estudo foi de outubro de 2016 até setembro de 2017, sendo realizada uma amostragem (ocasião de campo) a cada duas semanas. Cada ocasião consistiu de dois dias de amostragem, totalizando 25 ocasiões de campo. No entanto, os primeiros indivíduos vistos e, assim, capturados ocorreram em novembro, resultando em 23 ocasiões de capturas em 11 meses. As amostragens foram iniciadas às 10 horas e duraram de 5 a 9 horas, conforme as condições locais de precipitação e a quantidade de indivíduos avistados.

Os indivíduos de *H. heyeri* foram encontrados por busca ativa visual e auditiva (CRUMP; SCOTT, 1994). Para encontrar os indivíduos que estavam camuflados na serrapilheira ou escondidos em buracos e cavernas utilizamos *playbacks*. Esta técnica consiste na reprodução de vocalizações de canto de anúncio gravadas para atrair os indivíduos (SCHWARTZ, 1994). Assim, quando iniciamos o *playback*, se estivéssemos próximo à um macho, ele emitia o canto territorial e poderia ser mais facilmente encontrado para captura (ou recaptura). Esse

comportamento do macho, de emitir o canto territorial, é usado para a defesa do território e também uma estratégia de disputa anterior a um combate físico com outro indivíduo (MARTINS et al., 1998).

A marcação e recaptura de indivíduos é um método considerado robusto para determinar parâmetros populacionais, como sobrevivência (ϕ), capturabilidade (p), taxa de crescimento, tamanho populacional, movimento dos indivíduos e todas as variáveis que podem co-variá-las com esses parâmetros (LEBRETON et al., 1992; WHITE; BURNHAM, 1999; COLE, 2014). Devido à característica territorial e de fidelidade ao sítio das espécies de *Hylodes* (BELTRAMIN, 2014; WÖGEL, ABRUSONHA; WEBER, 2004; MACHADO et al., 2016), foi possível utilizar este método para amostragem dos indivíduos, possibilitando uma maior frequência de recapturas.

Para amostrar as populações de anuros, foi estabelecido uma transecção de 180 metros que era percorrida em cada riacho. Cada indivíduo avistado foi capturado, pesado, medido o comprimento rostro-cloacal (CRC) e teve o sexo determinado pela presença ou ausência do saco vocal (FIGURA 2). Para a marcação dos indivíduos foi confeccionada uma cinta pélvica com miçangas coloridas (2 milímetros de comprimento) e fios de algodão (FIGURA 3) em que cada cor de miçanga representa um número de 0 a 9, o que permitia formar Algarismos Únicos, par a par ou trio, totalizando 275 combinações únicas. Essa cinta pélvica foi colocada na região inguinal dos adultos e em seguida o indivíduo foi solto no mesmo local da captura. Esse tipo de marcação não é invasivo, não afeta a sobrevivência do indivíduo e permite identificar os indivíduos à distância, sem necessidade de recapturar (NARVAES; RODRIGUES, 2005; GIASSON; HADDAD, 2007; HIERT; ROPER; MOURA, 2012). Também foram registradas as variáveis abióticas no início da amostragem: temperatura do ar e umidade relativa com termohigrômetro. Os valores da precipitação foram obtidos pelo Instituto Tecnológico SIMEPAR de Pinhais, localizado à 16.84 quilômetros da área de estudo.

FIGURA 2 – IDENTIFICAÇÃO DO SEXO DE *HYLODES HEYERI*. (A) INDIVÍDUO EM ATIVIDADE DE VOCALIZAÇÃO EVIDENCIANDO OS DOIS SACOS VOCAIS, (B) VENTRE DO MACHO, FLECHAS INDICAM O SACO VOCAL E (C) VENTRE DA FÊMEA.

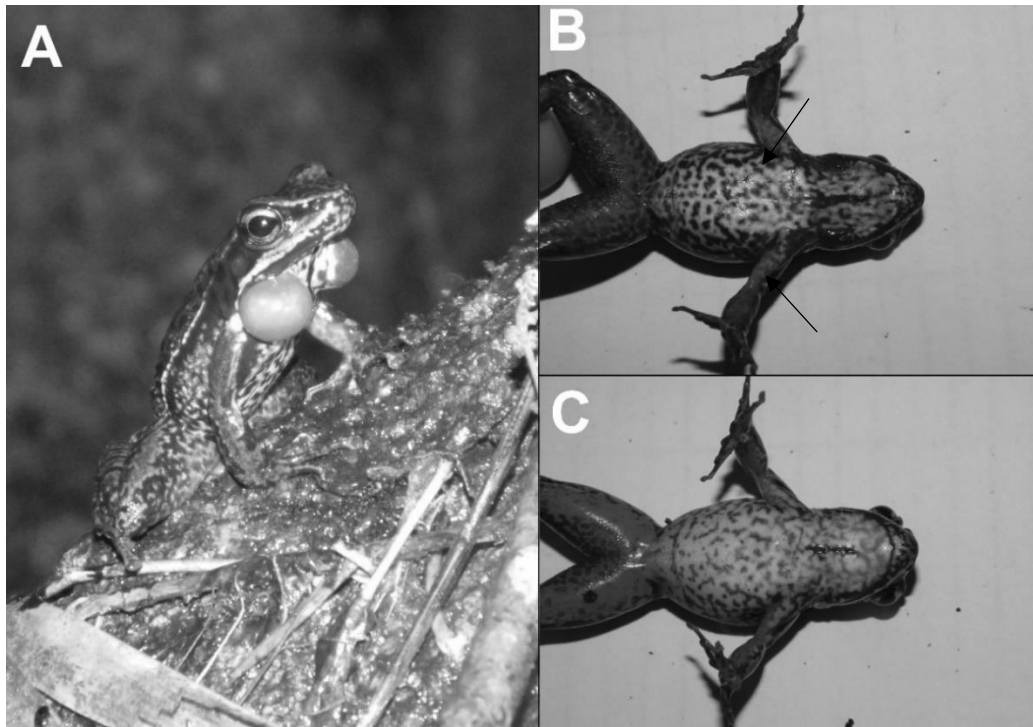
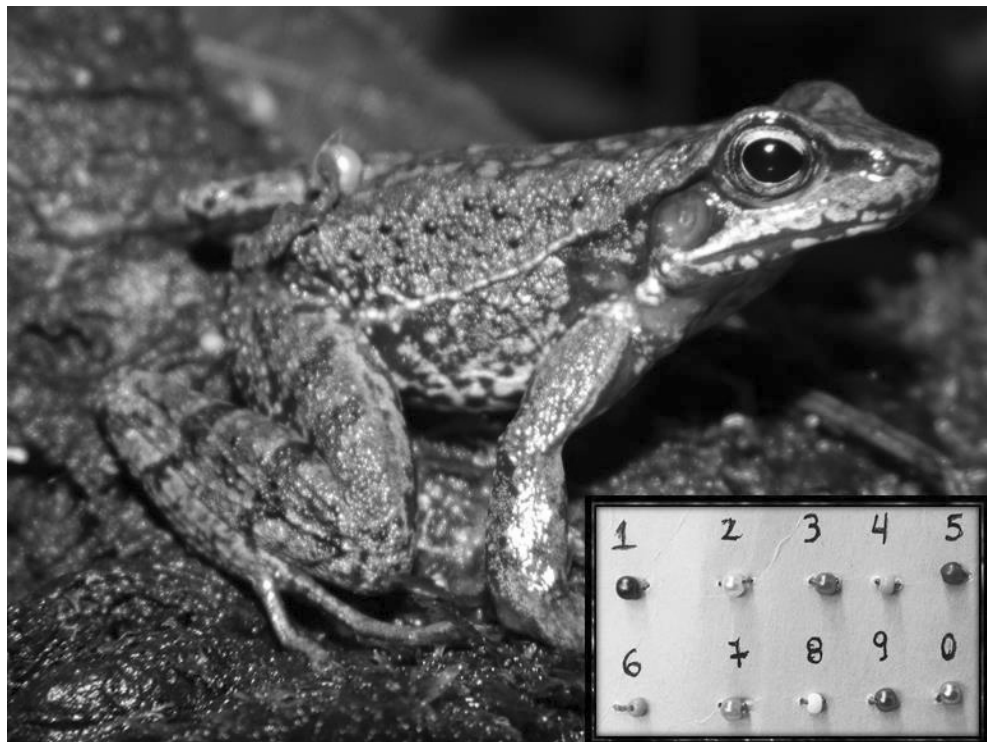


FIGURA 3 – *HYLODES HEYERI* MARCADO COM CINTA PÉLVICA DE MIÇANGAS (INDIVÍDUO 7) E TABELA DE IDENTIFICAÇÃO NUMÉRICA, ONDE CADA COR CORRESPONDE À UM ÚNICO NÚMERO E PERMITE 275 COMBINAÇÕES ÚNICAS. AS MIÇANGAS TINHAM DOIS MILÍMETROS DE TAMANHO.



2.3 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados de marcação-recaptura foram utilizados para estimar os parâmetros demográficos ao longo das ocasiões de capturas: sobrevivência aparente (ϕ), capturabilidade (p) e tamanho populacional (N). Os dois primeiros parâmetros (ϕ e p) foram estimados seguindo o modelo de população aberta de Cormack–Jolly–Seber (CJS) (WHITE; BURNHAM, 1999), utilizando o pacote RMark (LAAKE, 2013), pelo *software* R (R CORE TEAM, 2016). Considera-se uma população aberta aquela na qual a quantidade de indivíduos varia no tempo devido ao número de nascimentos, mortes e/ou dispersão. O modelo CJS utiliza a história de captura e recaptura dos indivíduos para estimar a capturabilidade (p) e a sobrevivência aparente (ϕ). A sobrevivência é considerada aparente devido a emigração permanente ser confundida com a mortalidade dos indivíduos nesse tipo de abordagem, ou seja, o modelo não distingue a emigração permanente de mortalidade quando o animal não é recapturado.

As premissas do modelo CJS são de que cada indivíduo capturado tem a mesma probabilidade de ser recapturado e de sobreviver, suas marcações não são perdidas, as amostragens têm que ser rápidas e o indivíduo liberado logo após a amostra (HEYER et al., 2014). Para testar as premissas do ajuste dos dados ao modelo geral à estrutura do modelo CJS foi realizado o teste de aderência: *goodness-of-fit* (GOF) pelo pacote “*release.gof*” no *software* R (R CORE TEAM, 2016). Há dois testes principais realizados pelo pacote *release.gof*: o teste 2 que é utilizado para verificar a homogeneidade de recapturas e o teste 3 que testa a homogeneidade de sobrevivência dos indivíduos. Estes testes fornecem valores de Qui-quadrado (X^2), graus de liberdade e valor de P calculados a partir da função de probabilidade (função de verossimilhança) do modelo geral para verificar independência entre as variáveis envolvidas e sobredispersão dos dados (BURNHAM, 1987; LAAKE, 2013). Desta forma, a somatória dos dois testes é o resultado final do teste de aderência (GOF), com probabilidade a 5% ($P = 0.05$).

O modelo de população aberta Jolly-Seber (JS) (SCHWARZ; ARNASON, 1996), permite estimar quatro parâmetros: sobrevivência aparente (ϕ), capturabilidade (p), a entrada de indivíduos ($pent$) e o tamanho populacional (N). No entanto, este modelo foi utilizado apenas para se obter os valores de tamanho

populacional (N) em cada ocasião considerando a detectabilidade estimada. A estimativa do tamanho populacional é dada pelos parâmetros derivados do modelo JS, implementado no módulo POPAN, no RMark (LAAKE, 2013), pelo *software* R (R CORE TEAM, 2016). Para verificar se há influência das variáveis climáticas (temperatura do ar, precipitação e umidade do ar) no tamanho populacional em cada riacho, foi realizada uma regressão múltipla no *software* R (R CORE TEAM, 2016).

Para a construção dos modelos, as covariáveis individuais como a massa e o CRC não foram incorporadas porque não variaram entre indivíduos e populações. No riacho 1 os machos mediam 40.88 mm \pm 1.88 (média \pm desvio padrão do CRC), enquanto que no riacho 2, 40.60 mm \pm 2.62 (média \pm desvio padrão do CRC). As fêmeas mediam 41.07 mm \pm 1.77 (média \pm desvio padrão do CRC) e a massa foi 6.06 gramas \pm 0.65 (média \pm desvio padrão do CRC). Os machos de *H. heyeri* tem massa similar entre uma população e outra (6.10 gramas \pm 0.69 no riacho 1; 6.07 gramas \pm 0.70 no riacho 2, média \pm desvio padrão). Assim, o grupo de modelos candidatos incluíram a precipitação acumulada mensal e a temperatura do ar (em cada ocasião de captura) como covariáveis temporais. O local, covariável de grupo, foi dividido em riacho 1 e riacho 2, para identificar cada população amostrada.

Para as estimativas dos parâmetros foram criados 16 modelos candidatos para cada análise (CJS e JS (POPAN)). Todos foram baseados em efeitos aditivos das covariáveis (temporais e de grupo) e sem efeito de nenhuma covariável (constante). Não foi utilizada a interação entre as variáveis climáticas porque são correlacionadas ($r = 0.21$; $P = 0.02$) e, portanto, seriam multicolineares nos modelos.

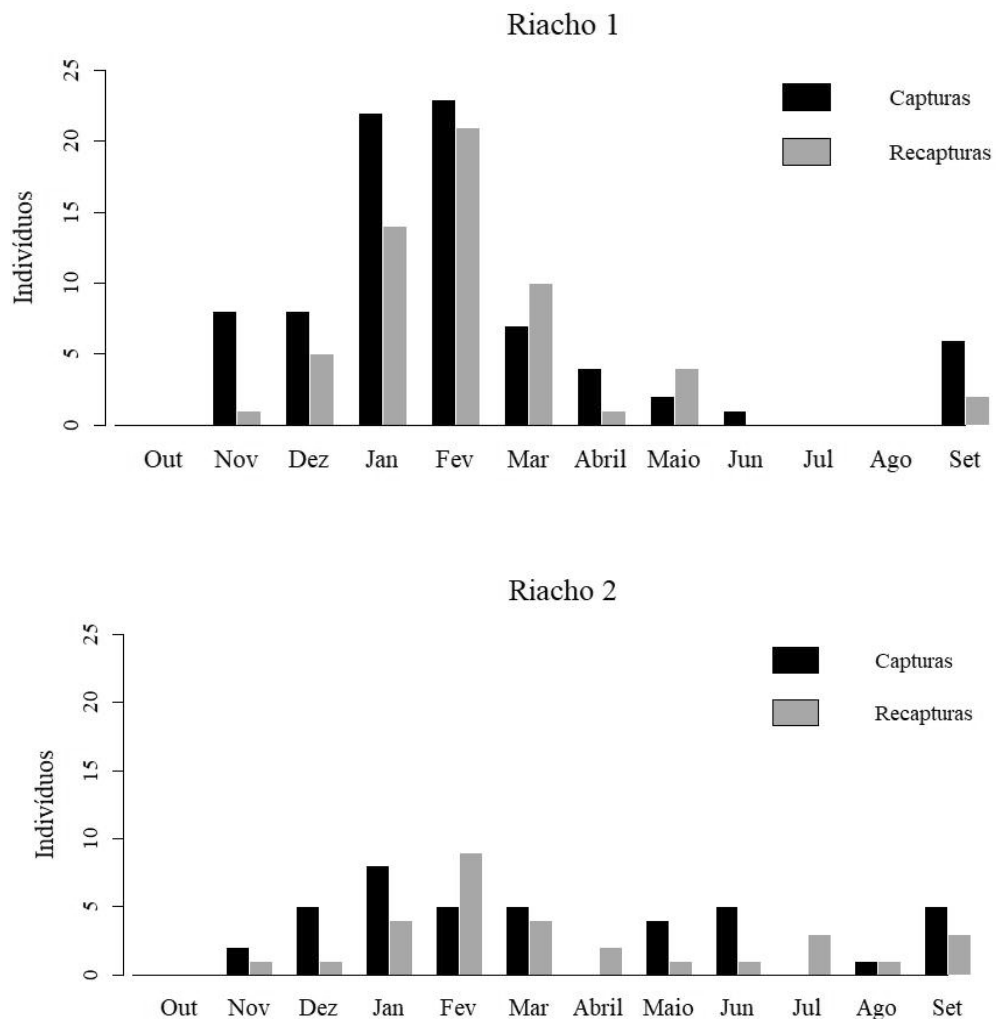
Foram considerados apenas os machos nas análises, porque somente os indivíduos deste sexo foram recapturados, além da baixa abundância de fêmeas capturadas nos riachos ($N = 4$). Também foi inserido no modelo os intervalos de tempo desiguais entre as amostragens, sendo que os dias entre cada ocasião variaram entre 13 a 19 dias. Este intervalo foi redimensionado em termos de meses para obter estimativas mensais dos parâmetros (COOCH; WHITE, 2007). Para comparar os modelos, foi utilizado o critério de informação de Akaike corrigido para pequenas amostras (AICc). O melhor modelo, que representa a melhor descrição dos parâmetros populacionais é aquele que possui o menor valor de AICc. Além disso, os modelos que estiverem com $\Delta AICc < 2$ terão o mesmo grau de explicação (BURNHAM; ANDERSON, 2002).

3 RESULTADOS

No total, foram capturados 120 indivíduos, dos quais cerca de 50.8% dos adultos foram recapturados pelo menos uma vez. No riacho 1, foram capturados 80 e recapturados 59. No outro riacho (riacho 2), foram capturados 40 e recapturados 30, nos 11 meses de amostragem (variando entre 70 a 139 capturas). Enquanto cerca de 50.8% dos adultos foram recapturados pelo menos uma vez, as fêmeas não foram recapturadas e sua captura ocorreu no verão e no inverno. Os jovens e girinos foram vistos de abril até setembro.

O início das atividades de vocalização ocorreu em novembro. Assim, com o início do período reprodutivo, as capturas ocorreram em todos os meses de amostragem no riacho 2, enquanto que no riacho 1 não foram encontrados nos meses de julho e agosto (FIGURA 4). Os riachos não se conectam (ver metodologia) e nenhum indivíduo que foi capturado em um riacho foi recapturado no outro e vice-versa.

FIGURA 4 – FREQUÊNCIA DE CAPTURAS E RECAPTURAS DE *HYLODES HEYERI* EM CADA RIACHO NO PARQUE ESTADUAL PICO DO MARUMBI, NO PERÍODO DE OUTUBRO/2016 A SETEMBRO/2017.



3.1 SOBREVIVÊNCIA APARENTE E CAPTURABILIDADE

Na análise CJS, os três modelos que melhor explicaram as variações na sobrevivência aparente e na capturabilidade de *H. heyeri* (TABELA 1) diferem apenas nos efeitos das covariáveis na capturabilidade, que pode tanto responder a variação no efeito aditivo de local e temperatura do ar ($w = 0.24$, TABELA 1), ser constante ($w = 0.16$, TABELA 1) ou no efeito aditivo de local e precipitação ($w = 0.10$, TABELA 1). A sobrevivência aparente permaneceu constante, não variou em função das variáveis climáticas ou entre os riachos (locais). Usando como estratégia utilizar a média ponderada dos parâmetros entre os melhores modelos (*model averaging*), a sobrevivência aparente mensal de *H. heyeri* foi de 0.37. Já, a

capturabilidade no riacho 1 foi de 0.46 ± 0.06 (média \pm erro padrão) e de 0.58 ± 0.11 no riacho 2.

Conforme o primeiro modelo da análise CJS, em ambos os riachos a capturabilidade foi positivamente associada com a temperatura diária ($\beta = 0.16$, 95% IC = 0.00 - 0.32), indicando maiores taxas de capturas em dias mais quentes (TABELA 1). Já, o efeito da precipitação acumulada mensal (chuva) foi baixo na capturabilidade ($\beta = 0.009$, 95% IC = -0.002 - 0.020).

TABELA 1 – RESULTADO DA SELEÇÃO DE MODELOS PARA SOBREVIVÊNCIA (ϕ), CAPTURABILIDADE (P) E TAMANHO POPULACIONAL (N) PARA DUAS POPULAÇÕES DE *HYLODES HEYERI* EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA DO AR (TEMP), PRECIPITAÇÃO ACUMULADA MENSAL (CHUVA), DO LOCAL (POPULAÇÃO NO RIACHO 1 OU 2), SEM VARIACÃO (.) E VARIACÃO NO TEMPO (T). *PENT* = ENTRADA DE INDIVÍDUOS; *K* = NÚMERO DE PARÂMETROS; *W* = PESO DO MODELO; *AICc* = VALOR DE AIC CORRIGIDO PARA PEQUENAS AMOSTRAS; Δ *AICc* = DIFERENÇA DO PRIMEIRO MODELO E O ATUAL; DESVIO = DESVIO RESIDUAL DO MODELO SATURADO.

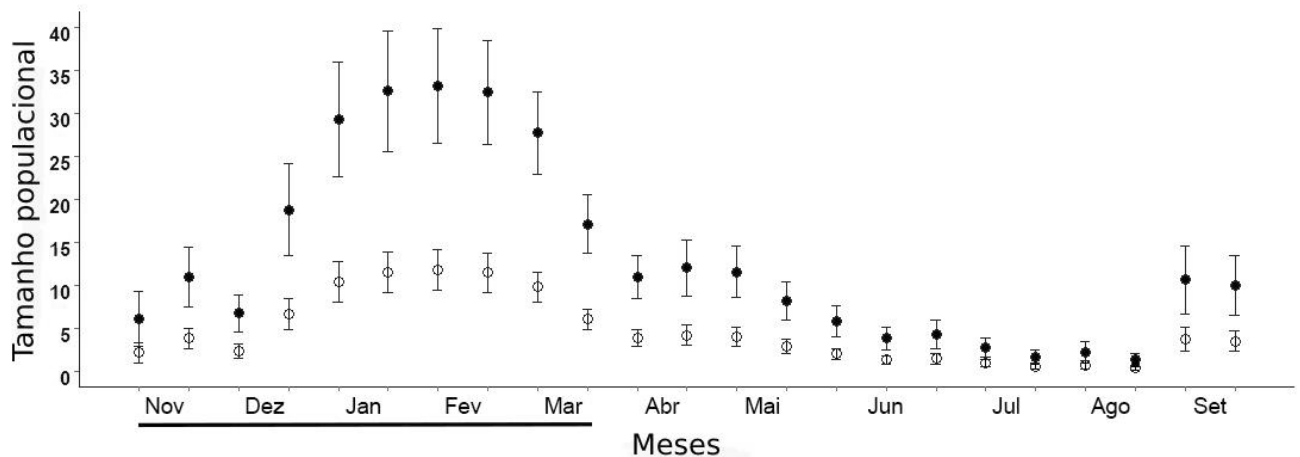
Análise	Modelos	<i>k</i>	<i>w</i>	<i>AICc</i>	Δ <i>AICc</i>	Desvio
CJS	$\phi(.) p$ (temp + local)	4	0.24	430.82	0.00	422.61
	$\phi(.) p$ (.)	2	0.16	431.60	0.79	200.50
	$\phi(.) p$ (chuva + local)	4	0.10	432.54	1.72	424.33
	$\phi(\text{local}) p$ (temp + local)	5	0.08	432.91	2.09	422.59
	$\phi(.) p$ (local)	3	0.08	433.10	2.29	199.93
	$\phi(\text{local}) p$ (.)	3	0.07	433.42	2.61	200.25
	$\phi(\text{temp} + \text{local}) p$ (temp + local)	6	0.06	433.53	2.71	421.09
	$\phi(\text{local}) p$ (chuva + local)	5	0.04	434.60	3.78	424.28
	$\phi(\text{chuva} + \text{local}) p$ (temp + local)	6	0.04	434.64	3.83	422.20
	$\phi(\text{chuva} + \text{local}) p$ (.)	4	0.03	434.82	4.01	426.62
	$\phi(\text{local}) p$ (local)	4	0.03	435.12	4.30	199.87
	$\phi(\text{temp} + \text{local}) p$ (.)	4	0.02	435.39	4.57	427.18
	$\phi(\text{temp} + \text{local}) p$ (chuva + local)	6	0.01	436.48	5.66	424.04
	$\phi(\text{chuva} + \text{local}) p$ (local)	5	0.01	436.56	5.74	426.25
	$\phi(\text{chuva} + \text{local}) p$ (chuva + local)	6	0.01	436.64	5.82	424.20
	$\phi(\text{temp} + \text{local}) p$ (local)	5	0.01	437.10	6.28	426.79
POPAN	ϕ (.) <i>p</i> (temp + local) <i>pent</i> (t) <i>N</i> (local)	20	0.51	593.96	0.00	549.37
	ϕ (local) <i>p</i> (chuva + local) <i>pent</i> (t) <i>N</i> (local)	21	0.15	596.41	2.45	549.33
	ϕ (.) <i>p</i> (chuva + local) <i>pent</i> (t) <i>N</i> (local)	20	0.08	597.68	3.72	553.09
	ϕ (temp + local) <i>p</i> (temp + local) <i>pent</i> (t) <i>N</i> (local)	22	0.07	597.90	3.94	548.3
	ϕ (.) <i>p</i> (.) <i>pent</i> (t) <i>N</i> (local)	20	0.05	598.41	4.45	-237.97
	ϕ (local) <i>p</i> (chuva + local) <i>pent</i> (t) <i>N</i> (local)	21	0.02	600.09	6.13	553.01
	ϕ (.) <i>p</i> (local) <i>pent</i> (t) <i>N</i> (local)	21	0.02	600.34	6.38	-238.53
	ϕ (chuva + local) <i>p</i> (temp + local) <i>pent</i> (t) <i>N</i> (local)	23	0.01	600.52	6.56	548.38
	ϕ (local) <i>p</i> (.) <i>pent</i> (t) <i>N</i> (local)	21	0.01	600.62	6.66	-238.25
	ϕ (chuva + local) <i>p</i> (.) <i>pent</i> (t) <i>N</i> (local)	22	0.00	601.89	7.92	552.29
	ϕ (temp + local) <i>p</i> (chuva + local) <i>pent</i> (t) <i>N</i> (local)	22	0.00	602.50	8.54	552.91
	ϕ (local) <i>p</i> (local) <i>pent</i> (t) <i>N</i> (local)	22	0.00	602.77	8.81	-238.61
	ϕ (temp + local) <i>p</i> (.) <i>pent</i> (t) <i>N</i> (local)	22	0.00	603.06	9.10	553.46
	ϕ (chuva + local) <i>p</i> (local) <i>pent</i> (t) <i>N</i> (local)	23	0.00	604.07	10.11	551.93
	ϕ (temp + local) <i>p</i> (local) <i>pent</i> (t) <i>N</i> (local)	23	0.00	605.23	11.27	553.09
	ϕ (chuva + local) <i>p</i> (chuva + local) <i>pent</i> (t) <i>N</i> (local)	24	0.00	606.67	12.71	551.96

3.2 TAMANHO POPULACIONAL

No melhor modelo da análise POPAN a sobrevivência aparente não varia, a capturabilidade tem efeito aditivo do local e da temperatura do ar, a entrada de indivíduos varia no tempo e o tamanho amostral tem efeito de grupo (local) ($w = 0.51$, TABELA 1).

O riacho 1 teve maior tamanho populacional em relação ao riacho 2 (FIGURA 5). Enquanto que em um a abundância variou de 1 a 33 indivíduos, no outro variou entre 0 a 11 indivíduos. A maior quantidade de indivíduos capturados ocorreu nos meses de verão, dezembro até março (ocasião 4 – 9). Enquanto que o período com menor número de indivíduos foi no inverno, junho até setembro (ocasião 17-23), demonstrando uma estrutura sazonal de indivíduos (FIGURA 5). O tamanho da população foi relacionado positivamente com a temperatura média mensal do ar ($R^2 = 0.45$, $F_{3,42} = 13$, $P < 0.05$).

FIGURA 5 – ESTIMATIVAS DE TAMANHO POPULACIONAL (N) DE *HYLODES HEYERI* POR OCASIÃO DE CAPTURA EM CADA LOCAL AMOSTRADO NO PARQUE ESTADUAL PICO DO MARUMBI, NO PERÍODO DE NOVEMBRO/2016 A SETEMBRO/2017. CADA MÊS COM DUAS OCASIÕES DE CAPTURAS, EXCETO JUNHO QUE TEM TRÊS. BARRA PRETA INDICA O PERÍODO REPRODUTIVO.



Em janeiro e fevereiro predadores de *H. heyeri* foram vistos ao longo das amostragens, como a *Bothrops jararaca* Wied-Neuwied, 1824 (Serpentes, Viperidae). Outros potenciais predadores observados no riacho foram *Rhinella icterica* Spix, 1824 (Bufonidae), *Thamnodynastes cf. strigatus* Günther, 1858 (Serpentes, Colubridae). Além disso, no riacho 2 havia a presença de outra espécie

restrita a riachos e córregos: *Crossodactylus caramaschii* Bastos e Pombal, 1995 (Anura, Hylodidae).

4 DISCUSSÃO

4.1 SOBREVIVÊNCIA APARENTE E CAPTURABILIDADE

A sobrevivência aparente mensal de *H. heyeri* foi similar e baixa nas duas populações, $\phi = 0.37$, ou seja, 37% dos indivíduos tendem sobreviver a cada mês. De acordo com os três primeiros modelos do CJS (TABELA 1), pode-se dizer que a sobrevivência dessas populações permaneceu constante e, assim, nenhuma variável climática mensurada ao longo dos meses de amostragem afetou a sobrevivência diretamente.

A sobrevivência dos anuros de áreas tropicais, como *H. heyeri*, é menor do que em anuros de áreas temperadas devido a predação contínua no período de atividade dos predadores (DUELLMAN; TRUEB, 1994). Além disso, sobrevivências altas são estimadas, em geral, para espécies de maior porte e com grande capacidade de deslocamento, como do gênero *Bufo*. Por exemplo, *Bufo schneideri* e *B. rubescens* possuem estimativas de sobrevivência mensal de 0.92 (VASCONCELLOS; COLLI, 2009), ou seja, tendem a ter duração de vida longa em relação à espécies menores. Por exemplo, em *Hylodes asper*, espécie de pequeno porte, os indivíduos ocorrem durante todo o ano com alta taxa de recrutamento juvenil (PATTO e PIE, 2001), gerando uma sobrevivência aparente mensal de *H. asper* alta ($\phi = 0.98$, GUIMARÃES et al., 2014). Em outras espécies, como *H. leptolineatus*, uma espécie subtropical e de menor tamanho, assim como *H. heyeri*, a sobrevivência diária variou de 0.80 a 0.98 conforme o estágio de vida (HIERT et al., 2012).

Hylodes heyeri possui reprodução prolongada, ocorrendo principalmente nos meses de janeiro a abril, com razão sexual enviesada para os machos e fêmeas com grande quantidade de óvulos (LINGNAU, 2003). O fato da sobrevivência mensal ser baixa na população de *H. heyeri*, e a população ainda persistir, sugere que o que mantém a população é o recrutamento dos jovens e adultos em cada estação reprodutiva. No entanto, para confirmar isso, estudos demográficos

detalhados com marcação e recaptura de jovens e adultos à longo prazo são necessários.

A capturabilidade de *H. heyeri* variou em função da temperatura do ar e entre populações (modelo 1, TABELA 1), porém a sobrevivência aparente foi similar. Desta forma, pode-se considerar que as dinâmicas temporais das duas populações são semelhantes, diferindo apenas na abundância. A maior capturabilidade nos períodos mais quentes e também chuvosos corresponde com a atividade reprodutiva e de forrageio dos anuros (HADDAD; GIARETTA, 1999; HATANO et al., 2002; ALMEIDA-GOMES et al., 2007; MACHADO et al., 2016). A precipitação e umidade são consideradas variáveis importantes para sobrevivência e reprodução dos anfíbios (ROLLINS-SMITH, 2017), porém o efeito da precipitação na capturabilidade de *H. heyeri* foi baixo neste período de estudo (modelo 3, TABELA 1). Como anuros do gênero *Hylodes* Fitzinger, 1826 habitam pequenos riachos e córregos no interior da Floresta Atlântica (HADDAD et al., 1996), em um ambiente úmido e em contato direto com a água essas variáveis podem não afetar estes parâmetros da população. No entanto, se houver ausência de chuva por longos períodos de maneira que afete o nível de água nos riachos, essa variável poderá, direta e indiretamente, influenciar na dinâmica da população.

4.2 TAMANHO POPULACIONAL

Os riachos possuem populações de *Hylodes heyeri* com tamanhos populacionais diferentes, porém há um padrão sazonal comum com um pico de indivíduos na estação reprodutiva (verão). Em *H. asper*, o tamanho populacional ao longo de todo período de estudo (7 meses) foi estimado como 308.51 ± 75.50 indivíduos (PATTO; PIE, 2011). Enquanto que para *H. heyeri* foi de 301 ± 75.65 e de 107 ± 26.94 , em 12 meses, nos riachos 1 e 2 respectivamente. Para as espécies de *Bufo schneideri* e *B. rubescens*, a maior abundância também ocorreu na estação reprodutiva, com tamanho populacional variando de 4 a 33 indivíduos e de 6 a 46 indivíduos, respectivamente (VASCONCELLOS; COLLI, 2009).

A comunicação acústica dos anuros é considerada importante na biologia reprodutiva porque facilita a atração e cortejo pela fêmea, assim como influencia na disputa de territórios entre os machos (LITTLEJOHN, 1977). O início das atividades

de vocalização de anúncio de *H. heyeri* foi de novembro até março no PEPM (FIGURA 5). Em várias espécies de anuros, a atividade de vocalização é correlacionada com as temperaturas mais altas (NAVAS; BEVIER, 2001; HIERT; MOURA, 2010). Então, haverá maior número de indivíduos nesses períodos. Por exemplo, para *H. nasus* o pico da atividade de vocalização foi nos meses de janeiro e fevereiro, sendo que o número de indivíduos ativos foi influenciado positivamente com a temperatura do ar (MACHADO et al., 2016). Já para *Hylodes dactylocinus*, o pico de atividade é na estação seca, de junho a outubro (NARVAES; RODRIGUES, 2005).

Indivíduos que ocorrem ao longo do ano possuem padrões de abundância sazonais influenciados, principalmente, por variáveis ambientais, como em *Hypsiboas albopunctatus* onde a variação sazonal da precipitação influencia a abundância ao longo do ano (GUIMARÃES et al., 2011). Já, a flutuação temporal na população de *H. leptolineatus* é afetada pela temperatura, umidade do ar e fases da lua (HIERT; MOURA, 2010). Em *H. heyeri* essa diferença populacional foi influenciada pela temperatura, mas também pode ocorrer pela quantidade e a estrutura dos microhabitats (rochas ou abrigos, como cavernas). Fatores bióticos, embora não testados aqui, como predação e competição, também podem influenciar essa flutuação temporal nas populações. O riacho 2 possuía trechos sem rochas e com sedimento mais arenoso, neste trecho os *H. heyeri* não eram encontrados, pela ausência do principal micro-habitat que os machos utilizam como sítio de vocalização e estabelecimento de território, que são as rochas. Neste trecho havia a presença de *Crossodactylus caramaschii* Bastos e Pombal, 1995, que utiliza o habitat mais horizontalmente, principalmente imerso na água e em solo úmido. Já, os *Hylodes* utilizam verticalmente, principalmente rochas (ALMEIDA-GOMES et al., 2007). Assim, é possível que essas diferenças estruturais nos riachos possam afetar o número de indivíduos entre os locais, pela disponibilidade diferente dos microhabitats existentes que são utilizados pela espécie.

Outra possibilidade associada a diferença de tamanho entre as populações é a presença de predadores. Os juvenis de *Bothrops jararaca* habitam riachos e córregos de áreas florestadas, desta forma sua dieta é composta de animais que vivem nesses ambientes como os anuros (SAZIMA; HADDAD, 1992). Por exemplo, a dieta de *B. jararaca* inclui anuros que habitam os riachos ou suas margens como,

Hylodes asper, *H. phyllodes*, *Hylodes* sp., *Cycloramphus boraceiensis* e *Physalaemus* sp. (HARTMANN; HARTMANN; GIASSON, 2003). A atividade sazonal desta espécie de serpente ocorre principalmente nos meses com temperaturas mais altas e sua atividade diária é no período da tarde e início da noite (ROCHA et al., 2014). Nos dois riachos foi encontrado *B. jararaca*, então a predação de *H. heyeri* por jararacas pode ser um fator que influencia a variação sazonal da população destes anuros.

Compreender como a variação ambiental influencia a dinâmica, a persistência e a abundância dos indivíduos é um dos objetivos da ecologia de populações (CUSHMAN, 2010). O resultado deste estudo mostra que as estimativas populacionais de *H. heyeri* foram similares nas duas populações, com diferentes taxas de capturas e tamanhos populacionais variando no tempo. Apesar de *H. heyeri* ser frequente em riachos de Mata Atlântica, de acordo com a IUCN, tem suas populações diminuindo (IUCN, 2017). Conforme as estimativas do modelo CJS, a sobrevivência aparente mensal é baixa e a capturabilidade teve efeito da variação da temperatura e local, assim como precipitação e local o que sugere um efeito de habitat e comportamental nas capturas. Já, o modelo POPAN demonstra um padrão sazonal de flutuação da população ao longo dos meses e influenciada pela temperatura do ar. Esses resultados indicam que estas populações podem persistir se houver um alto recrutamento, estável no tempo. Deste modo, estudos demográficos à longo prazo são importantes para verificar as tendências de uma população antes mesmo de uma perturbação prejudicial, principalmente em grupos com histórico de declínio no mundo todo como os anfíbios (GILLESPIE et al., 2014). Compreender estes aspectos torna-se relevante em estratégias para conservação das populações de *H. heyeri* e dos riachos onde vivem no interior da Mata Atlântica, onde cada local possui influências de diferentes fatores, além de climáticos e assim variam os tamanhos populacionais.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA-GOMES, M. et al. Diet and microhabitat use by two Hylodinae species (Anura, Cycloramphidae) living in sympatry and syntopy in a Brazilian Atlantic Rainforest area. Iheringia. **Série Zoologia**, v. 97, n. 1, p. 27-30, 2007.
- AMSTRUP, S. C.; MCDONALD, T. L.; MANLY, B. FJ (Ed.). **Handbook of capture-recapture analysis**. Princeton University Press, 2010.
- BECKER, F. S. et al. Extreme climate-induced life-history plasticity in an amphibian. **The American Naturalist**, v. 191, n. 2, p. 000-000, 2018.
- BEEBEE, T. J.; GRIFFITHS, R. A. The amphibian decline crisis: a watershed for conservation biology?. **Biological Conservation**, v. 125, n. 3, p. 271-285, 2005.
- BELTRAMIN, A. S. Formação de territórios e estrutura espacial de *Hylodes heyeri* Haddad, Pombal e Bastos 1996 (Anura, Hylodidae). 2014. 50p. **Dissertação** (Ecologia e conservação) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- BIEK, R. et al. What is missing in amphibian decline research: insights from ecological sensitivity analysis. **Conservation Biology**, v. 16, n. 3, p. 728-734, 2002.
- BIONDA, C. et al. Population demography in *Rhinella arenarum* (Anura: Bufonidae) and *Physalaemus biligonigerus* (Anura: Leiuperidae) in agroecosystems in the province of Córdoba, Argentina. **Revista de biologia tropical**, v. 61, n. 3, p. 1389-1400, 2013.
- BLAUSTEIN, A. R. et al. Direct and indirect effects of climate change on amphibian populations. **Diversity**, v. 2, n. 2, p. 281-313, 2010.
- BURNHAM, K. P. Design and analysis methods for fish survival experiments based on release-recapture. **Am Fish Soc Monogr**, v. 5, p. 1-437, 1987.
- BURNHAM, K. P.; ANDERSON, David R. **Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach**. 2 ed. New York: Springer Science e Business, 2002.
- CAVIGLIONE, J. H. et al. **Cartas climáticas do Paraná**. Instituto Agronômico do Paraná, Brasília, PA (Brasil), 2000.
- COLE, E. M. et al. Spatial and temporal variation in population dynamics of Andean frogs: Effects of forest disturbance and evidence for declines. **Global Ecology and Conservation**, v. 1, p. 60-70, 2014.
- COOCH E.; WHITE G. **Program MARK: A Gentle Introduction**, 12 ed. Disponível em: <www.phidot.org/software/mark/docs/book/>. 2007>. Acesso em: 12 julho 2017.
- COSTA, T. R. N.; LINGNAU, R.; TOLEDO, L. F. The tadpole of the Brazilian torrent frog *Hylodes heyeri* (Anura, Hylodidae). **Zootaxa**, v. 2222, n. 1, p. 66-68, 2009.
- COX, R. M. et al. Experimental evidence for physiological costs underlying the trade-off between reproduction and survival. **Functional Ecology**, v. 24, n. 6, p. 1262-1269, 2010.
- CRUMP, M. L.; SCOTT JR, N. J. **Visual encounter surveys**. In Measuring and monitoring biological diversity - standard methods for amphibians (W.R. Heyer, M.A. Donnelly, R.W. Mcdiarmid e M.S. Foster, eds). Smithsonian Institution Press, Washington, 1994. p. 84-92

- CUSHMAN, S. A. Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: a review and prospectus. **Biological Conservation**, v. 128, p. 231–240, 2006.
- DE CARLI MONTEIRO, J. P.; COMITTI, E. J.; LINGNAU, R. Primeiro registro da rã-das-correadeiras *Hylodes heyeri* (Anura, Hylodidae) para o estado de Santa Catarina, sul do Brasil e comparação acústica com a espécie críptica *Hylodes perplicatus* (Anura, Hylodidae). **Biotemas**, v. 27, n. 4, p. 93-99, 2014.
- DE SÁ, F. P.; ZINA, J.; HADDAD, C. F. Reproductive dynamics of the Neotropical treefrog *Hypsiboas albopunctatus* (Anura, Hylidae). **Journal of Herpetology**, v. 48, n. 2, p. 181-185, 2014.
- DUELLMAN W.E.; TRUEB, L. **Biology of Amphibians**. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1994.
- GIASSON, L. O. M.; HADDAD, C. F. Mate choice and reproductive biology of *Hypsiboas albomarginatus* (Anura: Hylidae) in the Atlantic Forest, southeastern Brazil. **American Journal of Herpetology**, v. 2, n. 3, p. 157–164, 2007.
- GILLESPIE, G. R. et al. Rapid decline and extinction of a montane frog population in southern Australia follows detection of the amphibian pathogen *Batrachochytrium dendrobatidis*. **Animal Conservation**, v. 18, n. 3, p. 295–302, 2014.
- GOVINDARAJULU, P.; ALTWEGG, R.; ANHOLT, B. R. Matrix model investigation of invasive species control: bullfrogs on Vancouver Island. **Ecological Applications**, v. 15, n. 6, p. 2161-2170, 2005.
- GRIFFITH, A. B. et al. Demography beyond the population. **Journal of Ecology**, v. 104, n. 2, p. 271-280, 2016.
- GRIFFITHS, R. A.; SEWELL, D.; MCCREA, R. S. Dynamics of a declining amphibian metapopulation: survival, dispersal and the impact of climate. **Biological Conservation**, v. 143, n. 2, p. 485-491, 2010.
- GUIMARÃES, Tainah CS et al. Ecology of *Hypsiboas albopunctatus* (Anura: Hylidae) in a Neotropical savanna. **Journal of Herpetology**, v. 45, n. 2, p. 244-250, 2011.
- GUIMARÃES, M.; DOHERTY, P. F.; MUNGUÍA-STEYER, R. Strengthening Population Inference in Herpetofaunal Studies by Addressing Detection Probability. **South American Journal of Herpetology**, v. 9, n. 1, p. 1–8, 2014.
- HADDAD, C. F.; POMBAL JR, J. P.; BASTOS, R. P. New species of *Hylodes* from the Atlantic forest of Brazil (Amphibia: Leptodactylidae). **Copeia**, p. 965-969, 1996.
- HADDAD, C. F.; GIARETTA, A. A. Visual and acoustic communication in the Brazilian torrent frog, *Hylodes asper* (Anura: Leptodactylidae). **Herpetologica**, p. 324-333, 1999.
- HARTMANN, P. A.; HARTMANN, M. T.; GIASSON, L. O. M. Uso do hábitat e alimentação em juvenis de *Bothrops jararaca* (Serpentes, Viperidae) na Mata Atlântica do sudeste do Brasil. **Phyllomedusa**, v. 2, n. 1, p. 35-41, 2003.
- HATANO, F. H.; ROCHA, C. F. D.; VAN SLUYS, M. Environmental factors affecting calling activity of a tropical diurnal frog (*Hylodes phyllodes*: Leptodactylidae). **Journal of Herpetology**, v. 36, n. 2, p. 314-318, 2002.
- HEYER, R. et al. (Eds.). **Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for amphibians**. Smithsonian Institution. 2014.

- HIERT, C.; MOURA, M. O. Abiotic correlates of temporal variation of *Hypsiboas leptolineatus* (Amphibia: Hylidae). **Zoologia (Curitiba)**, v. 27, n. 5, p. 703-708, 2010.
- HIERT, C.; ROPER, J. J.; MOURA, M. O. Constant breeding and low survival rates in the subtropical Striped Frog in southern Brazil. **Journal of Zoology**, v. 288, n. 2, p. 151–158, 2012.
- IUCN. (2016). **IUCN Red List of Threatened Species**. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 29 junho 2016.
- LAAKE, J.L. **RMark: An R Interface for Analysis of Capture-Recapture Data with MARK**. AFSC Processed Rep 2013-01, 25p. Alaska Fish. Sci. Cent., NOAA, Natl. Mar. Fish. Serv., 7600 Sand Point Way NE, Seattle WA 98115. 2013.
- LAMPO, M.; DE LEO, G. A. The invasion ecology of the toad *Bufo marinus*: from South America to Australia. **Ecological Applications**, v. 8, n. 2, p. 388-396, 1998.
- LAWLER, J. J. et al. Conservation science: a 20-year report card. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 4, n. 9, p. 473-480, 2006.
- LEBRETON, J. D. et al. Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals: a unified approach with case studies. **Ecological monographs**, v. 62, n. 1, p. 67-118, 1992.
- LINGNAU, R. Comunicação Acústica e Visual, Territorialidade e Comportamento Reprodutivo de *Hylodes heyeri* (Anura: Leptodactylidae) no Município de Morretes, Estado do Paraná, Brasil. 2003. **Dissertação**. Universidade Federal de Goiás, Brasil.
- LINGNAU, R.; BASTOS, R.P. Vocalizations of the Brazilian torrent frog *Hylodes heyeri* (Anura: Hylodidae): Repertoire and influence of air temperature on advertisement call variation. **Journal of Natural History**, v. 41, n. 17–20, p. 1227–1235, 2007.
- LITTLEJOHN, M. J. Long-range acoustic communication in anurans: an integrated and evolutionary approach. In: **The reproductive biology of amphibians**. Springer, Boston, MA, p. 263-294, 1977.
- MAACK, R. Geografia Física do Estado do Paraná-2º Edição-Rio de Janeiro: J. **Olympio, Curitiba-Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná**. 450 p, 1981.
- MACHADO, A. D. O. et al. Diet, diel activity pattern, habitat use, and reproductive effort of *Hylodes nasus* (Anura: Hylodidae) in one of the world's largest urban parks (Tijuca National Park), Southeastern Brazil. **South American Journal of Herpetology**, v. 11, n. 2, p. 127-135, 2016.
- MARTINS, M.; POMBAL JR., J.P.; HADDAD, C.F.B. Escalated aggressive behaviour and facultative parental care in the nest building gladiator frog *Hyla faber*. **Amphibia-Reptilia**, v. 19, n. 1, p. 65-73, 1998.
- NARVAES, P., RODRIGUES, M. T. Visual communication, reproductive behavior, and home range of *Hylodes dactylocinus* (Anura, Leptodactylidae). **Phyllomedusa**, v. 4, n.1, p.147–158, 2005.
- NAVAS, C. A; BEVIER, C. R. Thermal dependency of calling performance in the eurythermic frog *Colostethus subpunctatus*. **Herpetologica**, v. 57, p. 384–395, 2001.

- PATTO, C. EG; PIE, M. R. Notes on the population dynamics of *Hylodes asper* in Southeastern Brazil (Anura: Leptodactylidae). **Journal of Herpetology**, p. 684-686, 2001.
- POLLOCK, K. H. Review papers: modeling capture, recapture, and removal statistics for estimation of demographic parameters for fish and wildlife populations: past, present, and future. **Journal of the American Statistical Association**, v. 86, n. 413, p. 225-238, 1991.
- R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 29 junho 2016.
- REGINATO, M.; GOLDENBERG, R. Análise florística, estrutural e fitogeográfica da vegetação em região de transição entre as Florestas Ombrófilas Mista e Densa Montana, Piraquara, Paraná, Brasil. **Hoehnea**, v. 34, n. 3, p. 349-364, 2007.
- ROCHA, M. C., et al. Seasonal, daily activity, and habitat use by three sympatric pit vipers (Serpentes, Viperidae) from southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 2, p. 695-706, 2014.
- ROFF, D.A. **Life History Evolution**. Sinauer Associates Inc., Boston. 2002.
- ROLLINS-SMITH, L. A. Amphibian immunity–stress, disease, and climate change. **Developmental and Comparative Immunology**, v. 66, p. 111-119, 2017.
- SÆTHER, B.-E.; RINGSBY, T. H.; RØSKAFT, E. Life history variation, population processes and priorities in species conservation: towards a reunion of research paradigms. **Oikos**, p. 217-226, 1996.
- SAZIMA, I.; HADDAD, C. F. **Répteis da Serra do Japi: notas sobre história natural. História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil**, p. 28-49, 1992.
- SCHMIDT, B. R., SCHAUB, M.; ANHOLT, B. R. Why you should use capture–recapture methods when estimating survival and breeding probabilities: on bias, temporary emigration, overdispersion, and common toads. **Amphibia–Reptilia**, v. 23, p. 375–388, 2002.
- SCHWARTZ, J. J. Male advertisement and female choice in frogs: recent findings and new approaches to the study of communication in a dynamic acoustic environment. **American Zoologist**, v. 34, n. 6, p. 616-624, 1994.
- SCHWARZ, C.J., ARNASON, N. A general methodology for the analysis of Capture–recapture experiments in open populations. **Biometrics**, v. 52, p. 860–873, 1996.
- SEGALLA, M. V., PAVAN, D. 2004. *Hylodes heyeri*. The IUCN Red List of Threatened Species 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T57091A11569126.en.>>. Acesso em: 15 março 2018.
- STEARNS, S. C. **The evolution of life histories**. Oxford: Oxford University Press, 1992.
- STRUMINSKI, E. **Parque Estadual Pico do Marumbi, caracterização ambiental e delimitação de áreas de risco**. Curitiba: Editora UFPR, 2001. 185p.

TARVIN, R. D.; PEÑA, P.; RON, S. R. Changes in population size and survival in *Atelopus spumarius* (Anura: Bufonidae) are not correlated with chytrid prevalence. **Journal of Herpetology**, v. 48, n. 3, p. 291-297, 2014.

VASCONCELLOS, M. M.; COLLI, G. R. Factors affecting the population dynamics of two toads (Anura: Bufonidae) in a seasonal Neotropical savanna. **Copeia**, v. 2009, n. 2, p. 266-276, 2009.

VONESH, J. R.; DE LA CRUZ, O. Complex life cycles and density dependence: assessing the contribution of egg mortality to amphibian declines. **Oecologia**, v. 133, n. 3, p. 325-333, 2002.

WHITE, G. C.; BURNHAM, K. P. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. **Bird study**, v. 46, n. sup1, p. S120-S139, 1999.

WILLIAMS, G. C. Adaptation and natural selection. **A Critique of Some Current Evolutionary Thought**, Princeton (NJ), Princeton UP, 1974.

WÖGEL, H.; ABRUNHOSA, P. A.; WEBER, L. N. The tadpole, vocalizations, and visual displays of *Hylodes nasus* (Anura: Leptodactylidae). **Amphibia-Reptilia**, v. 25, n. 2, p. 219-226, 2004.