



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E ZOOLOGIA
CURSO CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Guilherme Sant'Ana Moysés Khoury

**Variação temporal e história natural da perereca
de riacho *Boana poaju* (Anura: Hylidae), Santo
Amaro da Imperatriz, SC, Brasil**

Florianópolis

2023

Guilherme Sant'Ana Moysés Khoury

Varição temporal e história natural da perereca de riacho *Boana poaju* (Anura: Hylidae), Santo Amaro da Imperatriz, SC, Brasil

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Ciências Biológicas do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Me. Leonardo Leite Ferraz de Campos
Coorientador: Prof. Dr. Selvino Neckel de Oliveira

Florianópolis

2023

Khoury, Guilherme Sant'Ana Moysés

Variação temporal e história natural da perereca de riacho Boana poaju (Anura: Hylidae), Santo Amaro da Imperatriz, SC, Brasil / Guilherme Sant'Ana Moysés Khoury ; orientador, Leonardo Leite Ferraz de Campos, coorientador, Selvino Neckel de Oliveira, 2023.

57 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Graduação em Ciências Biológicas, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Ciências Biológicas. 2. Ecologia de Populações. 3. História Natural. 4. Conservação. 5. Boana poaju. I. Campos, Leonardo Leite Ferraz de. II. Oliveira, Selvino Neckel de. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciências Biológicas. IV. Título.

Guilherme Sant'Ana Moysés Khoury

Varição temporal e história natural da perereca de riacho *Boana poaju* (Anura), Santa Amaro da Imperatriz, SC, Brasil

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciências Biológicas

Local Florianópolis, 28 de novembro de 2023.

Profa. Dra. Daniela Cristina de Toni
Coordenação do Curso

Banca examinadora

Me. Leonardo Leite Ferraz de Campos
Orientador

Dra. Caroline Batistim Oswald
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Prof. Dr. Paulo Christiano de Anchieta Garcia
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 2023

Este trabalho é dedicado a todes da comunidade LGBTQIAP+, que sempre estamos lutando para garantir nossos espaços.

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho não seria possível sem a ajuda das pessoas que fizeram parte da minha vida nessa graduação. Gostaria de agradecer a todo mundo do Laboratório de Ecologia de Anfíbios e Repteis e da graduação que me ajudaram no meu processo de aprendizagem ao longo desses dois anos de trabalho. Denise, Iroko, Djonatan, Gomes, Luiz, Aline, Sophia, Beatriz, Daniel, Eduardo, Anderson, Joao, Johnny, Pedro, Camila, Kauan, Satyabhama, obrigado pela ajuda, companhia e dedicação nos campos do meu TCC. Sou eternamente grato a todos que me apoiaram nos momentos difíceis e nos momentos felizes.

A minha companheira Bru Weruk que esteve ao meu lado em todos os momentos me acalmando, alegrando e acompanhado a minha trajetória. Obrigado por todo o carinho, amor, felicidade, paciência e compreensão que você me entregou nos últimos cinco anos.

Gostaria de agradecer ao meu orientador Leonardo Leite pela ajuda, orientação e dedicação, principalmente na parte das análises e escrita do TCC. Obrigado também ao meu coorientador Prof. Selvino Neckel pelas oportunidades no laboratório e no mundo acadêmico. Sem as insubstituíveis dicas, conversas e paciência de vocês esse trabalho não teria saído.

Aos meus chefes de estágio Fernando e Guilherme, obrigado pela oportunidade de trabalho e pelos ensinamentos e ajudas que vocês me deram durante esses dois anos. Foi uma experiência incrível de educação ambiental que moldou o meu perfil como biólogo. A FAPESC por ter dado o auxílio financeiro para a pesquisa através do programa PELD-BISC.

Por fim, obrigado as amigas que fiz no curso, nos laboratórios que fiz parte e no PET, pelas risadas, conversas, bares e confraternizações. Vocês tornaram esses seis anos de graduação inesquecíveis.

RESUMO

Os anfíbios estão entre os vertebrados mais ameaçados do mundo. Cerca de 41% das espécies conhecidas apresentam algum risco de extinção. Uma das principais causas são as vigentes mudanças climáticas que alteram os fatores ambientais, tornando necessário monitorar as populações de anfíbios possivelmente ameaçados por essas mudanças. A espécie *Boana poaju*, endêmica da região da Serra do Tabuleiro, Santa Catarina, Brasil, é uma espécie que pouco se sabe sobre sua história natural e suas dinâmicas populacionais. Neste trabalho, buscamos compreender como os fatores ambientais afetam a abundância, sobrevivência, tamanho populacional dos adultos e investigamos o desenvolvimento embrionário e larval desta espécie. Para isso foram realizadas campanhas de busca ativa para monitorar os adultos e desovas em dois rios do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro. Os adultos encontrados foram capturados, sexados, medidos, pesados, marcados e depois soltos nos locais encontrados. As desovas da espécie encontradas eram transportadas para uma gaiola *in-situ* e então eram visitadas diariamente para registrar o tempo de desenvolvimento e quantos girinos nasciam. Foram realizadas 42 campanhas de monitoramentos dos indivíduos adultos. No total foram encontrados 143 indivíduos adultos, com comprimento-rostro-cloacal médio de 41.65 ± 2.63 mm e peso médio de 4.53 ± 0.79 g. O modelo GLMM demonstrou que a temperatura do ar diária foi a variável mais significativa para a abundância, tendo uma relação positiva. O modelo Robusto previu que a probabilidade de sobrevivência dos indivíduos caísse para menos de 50% na passagem do verão para o outono, mas voltou a subir nas outras estações. O tamanho populacional apresentou flutuações, mas demonstrou estar crescendo. Durante o período do estudo foram encontradas seis desovas submersas no riacho a cerca de $7.54 \text{ cm} \pm 3.13$ da superfície. A quantidade média de girinos eclodidos foi de 58.33 ± 9.1 girinos. O tempo médio de desenvolvimento embrionário foi de $12.50 \text{ dias} \pm 3.21$. Acreditamos que o presente estudo tenha dado mais um passo para entender a história natural dos girinos de *B. poaju* e esperamos que os novos dados possam servir de subsídio para a definição do risco de extinção e conservação desta espécie.

Palavras-chave: Ecologia de populações; História natural; Conservação; Desenvolvimento embrionário; Desenvolvimento larval; *Boana poaju*.

ABSTRACT

Amphibians are among the most threatened vertebrates in the world. Around 41% of known species present some risk of extinction. One of the main causes is current climate change, which alters environmental factors, making it necessary to monitor amphibian populations possibly threatened by these changes. The species *Boana poaju*, endemic to Serra do Tabuleiro, Santa Catarina, Brazil, is a species that little is known about its natural history and population dynamics. In this work, we seek to understand how environmental factors affect the abundance of adults and investigate the embryonic and larval development of this species. To this end, active search campaigns were carried out to monitor adults and tadpoles in two rivers in the Serra do Tabuleiro State Park. The adults found were captured, sexed, measured, weighed, marked and then released in the locations found. The eggs of the species found were transported to an in-situ cage and were visited daily to record development time and how many tadpoles were born. Forty-two monitoring campaigns were carried out on adult individuals. In total, 143 adult individuals were found, with an average CRC of 41.65 ± 2.63 mm and an average weight of 4.53 ± 0.79 g. The GLMM model demonstrated that daily air temperature was the most significant variable for abundance, having a positive relationship. The Robust model predicted that the probability of survival of individuals fell to less than 50% between summer and autumn, but rose again in other seasons. The population size fluctuated, but was shown to be growing. During the study period, six submerged egg masses were found in the stream at approximately $7.54 \text{ cm} \pm 3.13$ from the surface. The average number of tadpoles hatched was 58.33 ± 9.1 . The average embryonic development time was $12.50 \text{ days} \pm 3.21$. We believe that the present study has taken another step towards understanding the natural history of *B. poaju* tadpoles and we hope that the new data can serve as a basis for defining the risk of extinction and conservation of this species.

Keywords: Population Ecology; Natural History; Conservation; Embryonic Development; Larval Development; *Boana poaju*.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Registros de populações de *B. poaju* no estado de Santa Catarina, ao sul do Brasil, modificado de <https://salve.icmbio.gov.br> 18
- Figura 2 – Área de estudo. A) Limites do estado de Santa Catarina, no Sul do Brasil, com o PAEST em roxo. B) Limites do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, em roxo, com pontos dos rios amostrados ao norte do limite. C) Transectos dos rios amostrados Águas Claras (vermelho) e Arroio Plaza (Laranja), dentro da área do PAEST, em roxo.....21
- Figura 3 - Macho adulto de *Boana poaju*. Foto: Adriana Catarina Werlang..22
- Figura 4 - a) Indivíduo adulto tendo a sua massa aferida com pesola; b) indivíduo adulto tendo o CRC medido com paquímetro; c) indivíduo adulto sendo marcado com etiqueta subcutânea.23
- Figura 5 - a) Desova com os embriões aderida em galho; b) Gaiolas menores instaladas no rio; c) Gaiola maior instalada no rio; d) Análise da imagem do girino na interface do software ImageJ; e) Girino de *Boana poaju* em aquário milimetrado. ...25
- Figura 6 - Esquema do modelo robusto de Pollock, com períodos primários de população fechada e períodos secundários em que as populações são consideradas abertas. Modificado de: <http://ecologia.ib.usp.br/bie5703/doku.php?id=roteiros:robust>26
- Figura 7 – Correlação entre cada variável ambiental explorada nos modelos. Valores dentro do quadrado indicando o nível de correlação seguindo a escala de -1 a 1, representada por cores quentes, mais perto do -1, e cores mais frias, mais perto do 1.28
- Figura 8 - Variação de abundância dos indivíduos adultos de *B. poaju* registrados separado pelas estações e por cada rio amostrado. R1, em vermelho = rio Águas Claras; R2, em azul = rio Arroio Plaza. Pontos isolados representam os outliers da amostragem.29
- Figura 9 - Abundância de indivíduos adultos registrados ao longo das campanhas de amostragem. Cada ponto está colorido de acordo com a estação do ano que foi registrado. A linha de tendência, em azul, demonstra a variação da abundância nas estações.....30
- Figura 10 – Abundância registrada ao longo das temperaturas (°C) amostradas. Cada ponto está colorido de acordo com a estação que foi amostrada. A

linha de tendência, em roxo, demonstra a relação aparentemente positiva da abundância com a temperatura.....	31
Figura 11 - Abundância dos indivíduos adultos de <i>B. poaju</i> registrada ao longo das precipitações (mm). Cada ponto esta colorido de acordo com a estação que foi amostrada. A linha de tendência, em roxo, demonstra a relação da abundância com a precipitação.....	31
Figura 12 - Abundância dos indivíduos adultos de <i>B. poaju</i> ao longo das umidades (%). Cada ponto esta colorido de acordo com a estação que foi amostrada. A linha de tendência, em roxo, demonstra a relação aparentemente negativa da abundância com a umidade.	32
Figura 13 - CRC registrado dos indivíduos adultos de <i>B. poaju</i> separado pelas estações e por cada rio. R1, em vermelho = rio Águas Claras; R2, em azul = rio Arroio Plaza. Pontos isolados representam os outliers da amostragem.....	33
Figura 14 - Massa dos indivíduos adultos de <i>B. poaju</i> separado pelas estações e por cada rio. R1, em vermelho = rio Águas Claras; R2, em azul = rio Arroio Plaza. Pontos isolados representam os outliers da amostragem.....	34
Figura 15 – Tamanho (cm) dos girinos de <i>B. poaju</i> separado por cada desova monitorada.	35
Figura 16 – Tamanho (cm) dos girinos por temperatura da água (°C). Cada ponto representa o tamanho de um girino, colorido de acordo com a desova que eclodiu. Linha de tendência, em roxo, indicando a relação aparente do tamanho com a temperatura da água registrada.	36
Figura 17 – Tamanho (cm) dos girinos por precipitação (mm). Cada ponto representa o tamanho de um girino, colorido de acordo com a desova que eclodiu. Linha de tendência, em roxo, indicando a relação aparente do tamanho com a precipitação.....	37
Figura 18 - Girinos eclodidos ao longo dos dias de desenvolvimento embrionário observados, separado por desova. Cada ponto indica o número de girinos presentes na gaiola naquele dia de observação.	38
Figura 19 - Gráfico quantil-quantil mostrando a distribuição dos resíduos do modelo 2. Círculos vazios indicam os resíduos e a linha preta indica os resíduos esperados pelo modelo.	40
Figura 20 - Efeitos da temperatura (°C) na abundância dos adultos de <i>B. poaju</i> , gerada pelo modelo 2.....	41

Figura 21 – Efeitos previstos da umidade (%) na abundância dos adultos de <i>B. poaju</i> , gerada pelo modelo 2.....	41
Figura 22 - Efeito da relação da temperatura com a umidade na abundância dos adultos de <i>B. poaju</i> , gerado pelo modelo 2. Linha de tendencia em vermelho indica a relação da abundância com a temperatura, quando a umidade está em 66,19%. Linha de tendencia azul indica a relação da abundância com a temperatura, quando a umidade está em 77,66%. Linha de tendencia em verde indica a relação da abundância com a temperatura, quando a umidade está em 89,13%.	42
Figura 23 - Probabilidade de sobrevivência indivíduos adultos de <i>B. poaju</i> entre os períodos primários. Cada ponto indica a porcentagem de sobrevivência entre as estações; i-p = inverno para primavera; o-i = outono para invernos; p-v = primavera para verão; v-o = verão para outono.	44
Figura 24 - Probabilidade de recaptura dos indivíduos adultos de <i>B. poaju</i> separado por estações. Pontos isolados indicam os <i>outliers</i> amostrados.	45
Figura 25 - Número estimado do tamanho populacional de adultos de <i>B. poaju</i> por período primário. A linha preta indica a flutuação do tamanho da população na passagem de uma estação para a outra (períodos primários).	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Características das desovas, contendo n° de indivíduos, média do tamanho dos girinos ao eclodir, temperatura média da água, dias de desenvolvimento embrionário observados e profundidade que foi encontrada.	35
Tabela 2 – Modelos GLMM para a abundancia. Abund= Abundancia; temp= Temperatura diaria; umid= Umidade diaria; precip7= Precipitação semanal; umid7= Umidade semanal; temp7= Temperatura semanal.	38
Tabela 3 – Respostas dos efeitos fixos para o modelo 2.	39
Tabela 4 – Modelos Robustos gerados, com os parametros S= probabilidade de sobrevivencia; Gamma'' e Gamma'= probabilidade de não encontrar o individuo adulto; p= probabilidade de recaptura; f0= individuos não amostrados.	43

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS.....	19
1.1.1	Objetivo geral	19
1.1.2	Objetivos específicos	19
2	MATERIAIS E MÉTODOS	20
2.1	ÁREA DE ESTUDO.....	20
2.2	ESPÉCIE DE ESTUDO.....	21
2.3	COLETA DE DADOS.....	22
2.3.1	Monitoramento dos adultos	22
2.3.2	Monitoramento das desovas	23
2.3.2.1	<i>Estrutura das gaiolas</i>	24
2.4	ANÁLISE DE DADOS.....	25
2.4.1	Seleção dos Modelos da Abundância	27
3	RESULTADOS	28
3.1	MONITORAMENTO DOS ADULTOS.....	28
3.1.1	Abundância	29
3.1.2	CRC	32
3.1.3	Massa	33
3.2	MONITORAMENTO DOS GIRINOS.....	34
3.3	MODELOS DA ABUNDÂNCIA.....	38
3.4	MODELOS DE MARCAÇÃO-RECAPTURA.....	42
4	DISCUSSÃO	46
4.1	ADULTOS.....	46
4.1.1	Abundância	46
4.1.2	Modelos de marcação-recaptura	48
4.2	GIRINOS.....	49
5	CONCLUSÃO	51
	REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

Diante das crises ambientais vigentes no mundo, os anfíbios são o grupo de vertebrados mais ameaçados do planeta. Cerca de 41% das espécies conhecidas estão em alguma categoria de risco de extinção (Luedtke et al., 2023), e os motivos dos declínios populacionais são diversos, como utilização da terra por ação antrópica (Cushman, 2006) e infecção por parasitas (Toledo et al., 2021). Dentro desse cenário, as mudanças climáticas têm sido alvo de diversas pesquisas para documentar os efeitos provocados nas populações dos anfíbios (Collins, 2010; Stuart et al., 2004).

Apesar dos esforços de cientistas para categorizar as espécies em seus graus de ameaça, muito ainda precisa ser feito para as medidas de proteção das espécies entrarem em vigor. A partir dessas preocupações que surgiram os planos de ações para conservação de anfíbios, através da colaboração de diversos pesquisadores e instituições para guiar e unificar os esforços para proteger as espécies ameaçadas, como o Plano de Ação Nacional (PAN; Brasil, 2018) da herpetofauna brasileira e a *Amphibian Conservation Action Plan* (ACAP: Plano de Ação para a Conservação de Anfíbios; SSC, 2022).

Contudo, decidir a abordagem de conservação pode ser difícil para os tomadores de decisão. Medidas reativas que são utilizadas em população em crise de extinção, como reintrodução, migração assistida e preservação da diversidade genética através de reprodução *ex-situ*, possuem um custo financeiro alto, enquanto medidas proativas, como prevenção de novas ameaças, podem evitar futuras crises nas populações, mas dependem do conhecimento da abundância, habitat e distribuição da espécie (Sterrett et al., 2019). Além disso, espécies endêmicas e/ou com dados insuficientes ou com algum grau de ameaça podem possuir uma dificuldade para serem mantidas fora do seu ambiente natural, sendo necessário que o recinto simule ao máximo os parâmetros ambientais naturais do habitat para que os indivíduos sobrevivam (Michaels; Gini; Preziosi, 2014). Devido à carência de informação de história de vida dessas espécies ou a necessidade de um ambiente muito específico para a sobrevivência, a sua manutenção em laboratório é prejudicada e muitas vezes inviabiliza a obtenção desses dados e a reabilitação de uma espécie (Bradfield; Tapley; Johnson, 2022). Em contrapartida, monitoramentos, como a busca por encontros visuais e buscas ativas auditivas, tem se mostrado um método proativo muito eficiente para obtenção de informações, como história de vida, abundância,

estrutura demográfica, identificação de ameaças, atributos ecológicos e funcionais, sobre essas espécies de difícil entendimento (SSC, 2022)

Os fatores ambientais como temperatura, umidade, precipitação influenciam diversas dinâmicas populacionais no grupo, como os padrões de distribuição, a abrangência geográfica, dispersão, atributos funcionais e a abundância de uma espécie (Ricklefs; Relyea, 2018). Variações nesses fatores ambientais podem moldar a história de vida dos anfíbios, modificando o tempo de reprodução, recrutamento, sobrevivência, oferta de alimento e a fenologia (Corn, 2005; Ficetola; Maiorano, 2016). A temperatura, por exemplo, em conjunto com o gradiente altitudinal, demonstrou influenciar a diversidade espaço-temporal de anuros neotropicais (Carvalho-Rocha, 2023). Em outro exemplo, as temperaturas baixas e clima seco de ambientes montanhosos resultaram em períodos de desenvolvimento prolongados e baixas taxas de crescimento (Berven, 1982). Estações chuvosas e quentes geralmente estão associadas com aumento de diversidade e densidade de anfíbios (Giaretta et al., 1999). A umidade do solo também é importante para anfíbios de serrapilheira, estando relacionada com a movimentação e escolha de micro-habitat (Seebacher; Alford, 1999). Portanto, os anfíbios, como animais que não produzem o próprio calor e precisam desses fatores ambientais para a termorregulação e reprodução, são extremamente suscetíveis a mudanças ambientais (Dickinson et al., 2014) o que torna o grupo ameaçado frente aos eventos ocasionados pelas mudanças climáticas (Lawler et al., 2009).

A perereca de riacho *Boana poaju* é uma espécie da ordem Anura que, como muitas outras, se encontra inserida nessa problemática de carência de informações sobre suas dinâmicas populacionais, desenvolvimento e história natural. Sua distribuição é restrita às regiões florestais subtropicais da Serra do Tabuleiro, em Santa Catarina, sul do Brasil (Garcia; Peixoto; Haddad, 2008). A maior parte dos dados registrados sobre a espécie vem do artigo de sua descrição, incluindo morfologias dos adultos e girinos, preferência de habitat, descrição do canto de anúncio dos machos e possível posicionamento filogenético (Garcia; Peixoto; Haddad, 2008).

Por conta de seu micro-endemismo, a espécie *B. poaju* foi definida como Vulnerável (VU) pelo Instituto do Meio Ambiente (IMA) de Santa Catarina (Carpanezi, 2011) de acordo com o critério D2 da IUCN, que caracteriza populações pequenas por estarem presentes em áreas de ocupação restritas ou por terem poucos locais

conhecidos de ocorrência. Contudo, na lista oficial de espécies ameaçadas do Ministério do Meio Ambiente, a *B. poaju* foi considerada quase ameaçada (NT; ICMBio, 2018). Além disso, baseado em um monitoramento de seis anos em andamento, a espécie é considerada atualmente como Pouco preocupante (LC; Bastos et al, 2023). Apesar da classificação LC não indicar risco de extinção na natureza, a espécie possui poucos estudos, por isso ela é protegida de maneira concomitante no PAN Herpetofauna do Sul (Brasil, 2019). Mesmo possuindo populações dentro de uma unidade de conservação, o Parque estadual da Serra do Tabuleiro (PAEST), a *B. poaju* possui registro em diversos ambientes em estados de conservação diferentes, como mata primária, secundária e até dentro de sítios de propriedades privadas (Figura 1; Bastos et al, 2023).

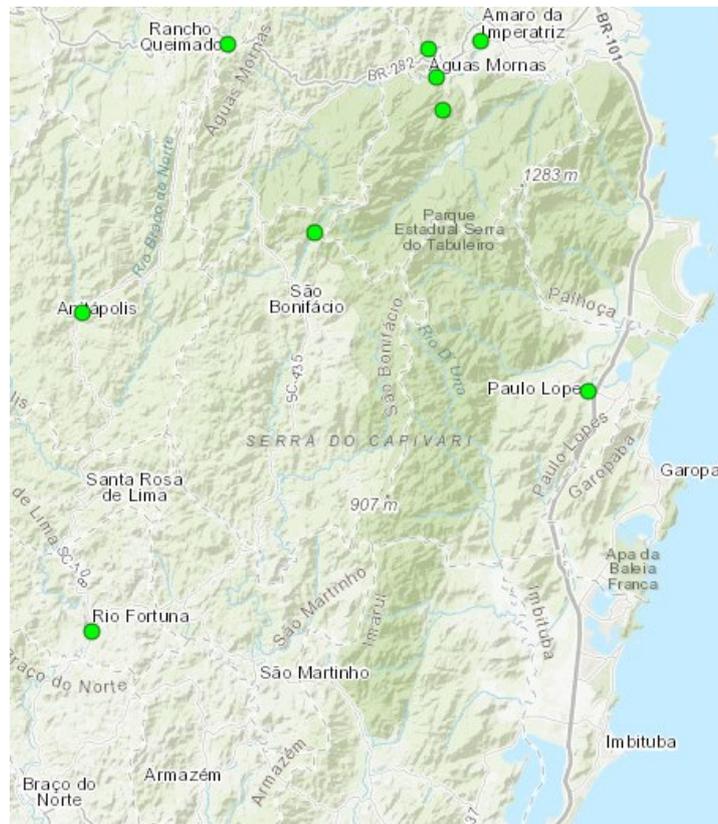


Figura 1 - Registros de populações de *B. poaju* no estado de Santa Catarina, ao sul do Brasil, modificado de <https://salve.icmbio.gov.br>

O status de conservação de *B. poaju* pode estar inadequado e precisa, portanto, ser revisado conforme mais informações são documentadas. Por exemplo, apesar de estar dentro de uma unidade de conservação, a *B. poaju*, não está totalmente livre de ameaças à sua sobrevivência. Como pode ser o caso do fungo

Batrachochytrium dendrobatidis (*Bd*), cuja infecção, ocorrência e prevalência, é maior em ambientes naturais preservados do que em ambientes com perda de habitat (Becker; Zamudio, 2011). Além disso, o *Bd* possui uma facilidade para infectar espécies de riachos ou ambientes ripários, devido à exposição constante de um ambiente aquático, sendo os primeiros a terem uma queda na riqueza e densidade pela infecção (Lips et al., 2006). Isso tudo ilustra a necessidade de estudos populacionais referentes a *B. poaju* para saber como as variáveis ambientais influenciam na sua dinâmica populacional e história natural. Assim, procurar entender a abundância da espécie, desenvolvimento embrionário e larval e seus atributos funcionais neste ambiente preservado, trará novos conhecimentos acerca das suas populações. Principalmente, pode servir de subsídio para entender como a espécie poderá responder perante as mudanças extremas do clima.

O presente trabalho, portanto, visa avaliar a dinâmica populacional da perereca *Bona poaju* e o seu desenvolvimento embrionário e larval. Utilizando o método de captura-marcação-recaptura e monitoramento populacional, além de estudos de desenvolvimento larval *in-situ* em uma população que ocorre na região do PAEST no município de Santo Amaro da Imperatriz, Santa Catarina, Brasil. Assim pretendemos responder às seguintes perguntas: Como a abundância varia ao longo do tempo na área estudada? Como a temperatura, precipitação e umidade afetam suas dinâmicas populacionais? Quantos girinos eclodem por desova? Quanto tempo demora para os girinos eclodirem? Qual o tamanho corporal médio que as larvas eclodem? Assim, esses novos dados poderão servir de subsídio para a definição do risco de extinção e da conservação dessa espécie endêmica da Serra do Tabuleiro.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Analisar se a abundância de uma população de *Boana poaju* é afetada por variáveis ambientais e descrever a história natural de girinos da espécie

1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar se a temperatura, umidade e precipitação afetam a abundância de indivíduos na área de uma população;

- Avaliar se o tamanho e a massa dos indivíduos adultos variam nas estações do ano;
- Estimar quanto tempo em média os girinos demoram a eclodir;
- Estimar quantos girinos de *Boana poaju* em média eclodem das desovas;
- Estimar o tamanho dos girinos recém eclodidos;
- Estimar o tempo de desenvolvimento larval até a fase adulta;
- Criar subsídio para a definição do status de conservação.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O Parque Estadual da Serra do Tabuleiro (PAEST) possui mais de 80.000 ha e está inserido em nove municípios do estado de Santa Catarina (IMA, 2018). Situado na porção leste do estado, o parque possui um relevo característico de planaltos rochosos e de clima subtropical. Além disso, a região do parque é parcialmente inserida na Bacia Litoral centro e parcialmente na Bacia Sul Catarinense. Por essas características, o PAEST abrange a maioria dos ecossistemas da Mata Atlântica encontradas no estado, sendo elas: Campos de altitude, Restinga, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Densa e Manguezal (IMA, 2018).

O estudo foi realizado em dois rios localizados na porção noroeste do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro (PEST). O Riacho Águas Claras, (latitude: 27°43' 50" S e longitude: 48°48' 53" O), aproximadamente a 220 metros do nível do mar e o Riacho Arroio Plaza (latitude: 27°44'29.6" S e longitude: 48°48'37.3" W), uma altitude de aproximadamente de 403 metros. A região está situada em um vale, com vegetações características da Floresta Ombrófila Densa. Devido ao uso de terra e urbanização da região, é possível observar porções de florestas em regeneração no estado secundário e matas primárias conservadas (Klein, 1981).

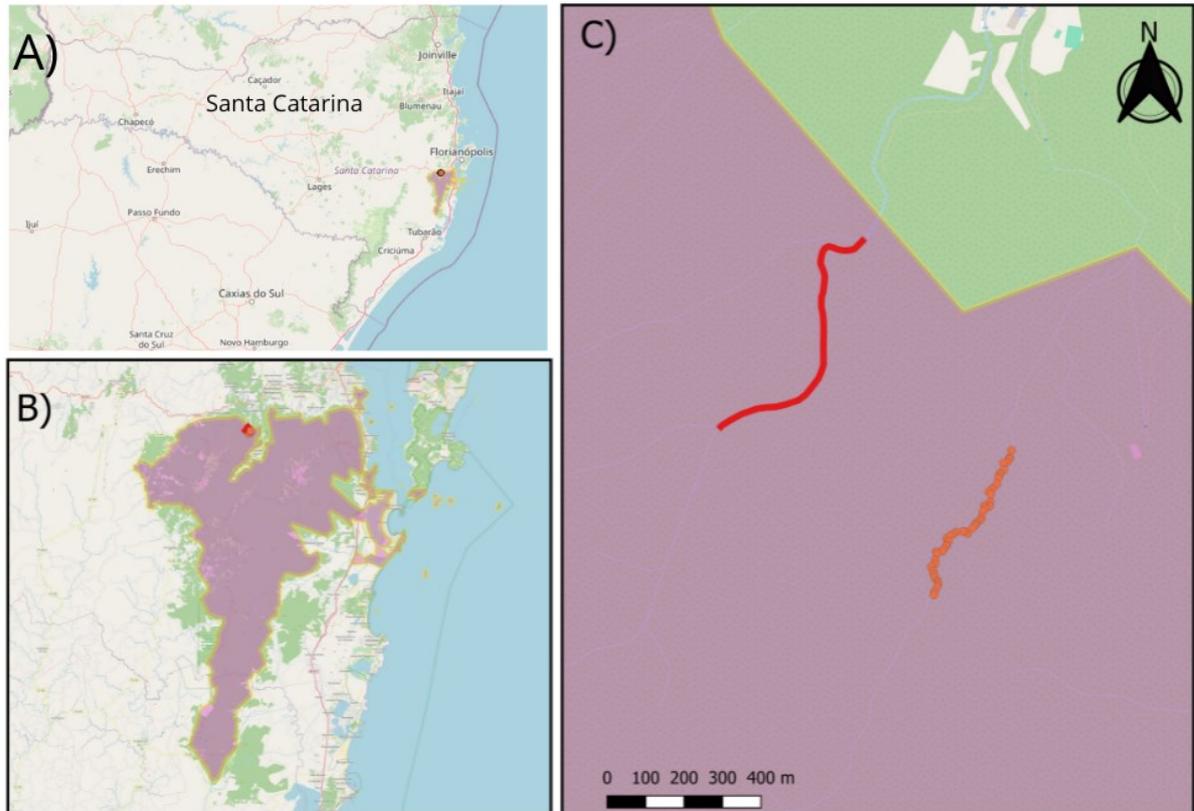


Figura 2 – Área de estudo. A) Limites do estado de Santa Catarina, no Sul do Brasil, com o PAEST em roxo. B) Limites do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, em roxo, com pontos dos rios amostrados ao norte do limite. C) Transectos dos rios amostrados Águas Claras (vermelho) e Arroio Plaza (Laranja), dentro da área do PAEST, em roxo.

2.2 ESPÉCIE DE ESTUDO

Boana poaju é uma espécie que habita ambientes de riachos e cachoeiras, possui coloração esverdeada com uma linha amarela lateral (Figura 3). Os machos costumam vocalizar nas épocas de reprodução para atrair as fêmeas e delimitar o seu território. Essa atividade ocorre no período noturno, por volta das 20h, sendo mais ativas entre os meses de setembro e março. Suas desovas são encontradas na margem do rio ou em grutas adjacentes ao curso d'água e são do tipo subaquáticas, ficando agarradas em galhos ou raízes. Os girinos da espécie possuem um corpo

preto, com uma faixa amarela perto dos olhos e uma cauda amarelada (Figura 4 – D e E).



Figura 3 - Macho adulto de *Boana poaju*. Foto: Adriana Catarina Werlang

2.3 COLETA DE DADOS

2.3.1 Monitoramento dos adultos

O monitoramento dos adultos realizado deu continuidade a uma pesquisa que ocorre a quatro anos com a espécie, seguindo a metodologia estabelecida, com a Autorização de pesquisa N° 006/2019/DBIO e N° 8/2023/IMA/GEIBIO. O monitoramento foi realizado de janeiro de 2020 até setembro de 2023 nos dois rios. Porém, o rio Arroio Plaza somente foi delimitado para a pesquisa a partir de abril de 2022. Antes de adicionar o Arroio Plaza à amostragem, as campanhas eram feitas de duas em duas semanas no rio Águas Claras. Após a adição, começaram a ser feitas duas noites seguidas por mês, uma noite em cada rio.

Os dois rios possuem transectos padronizados de 500 metros, sendo que a cada 10 metros havia uma marcação registrando quantos metros foram percorridos. A procura ativa pelos adultos começava uma hora após o pôr do sol. Os indivíduos adultos eram procurados por busca visual e por busca auditiva. Os adultos encontrados foram sexados, medidos e pesados, além de ser registrado a coordenada, o ponto no transecto, o microhabitat em que foi encontrado e se estava vocalizando (Figura 4). A medição do comprimento-rostro-cloacal (CRC) foi realizada com auxílio de um paquímetro de precisão 0,02mm e a massa foi registrada através de um dinamômetro de precisão de 0,01g.

Os indivíduos encontrados foram marcados com uma etiqueta numerada subcutânea (*Northwest Marine Technology Inc.* <https://www.nmt.us/>). A etiqueta foi injetada sob a pele da perna direita do indivíduo com o auxílio de uma seringa própria. Após cada aplicação, a seringa era esterilizada com álcool 70% para evitar contaminação entre os indivíduos (e.g. Bunchan et al., 2005; Kaiser et al., 2009).

As variáveis ambientais foram registradas através de um termo-higrômetro, que possibilita a leitura da temperatura do ar, umidade relativa do ar e temperatura da água.

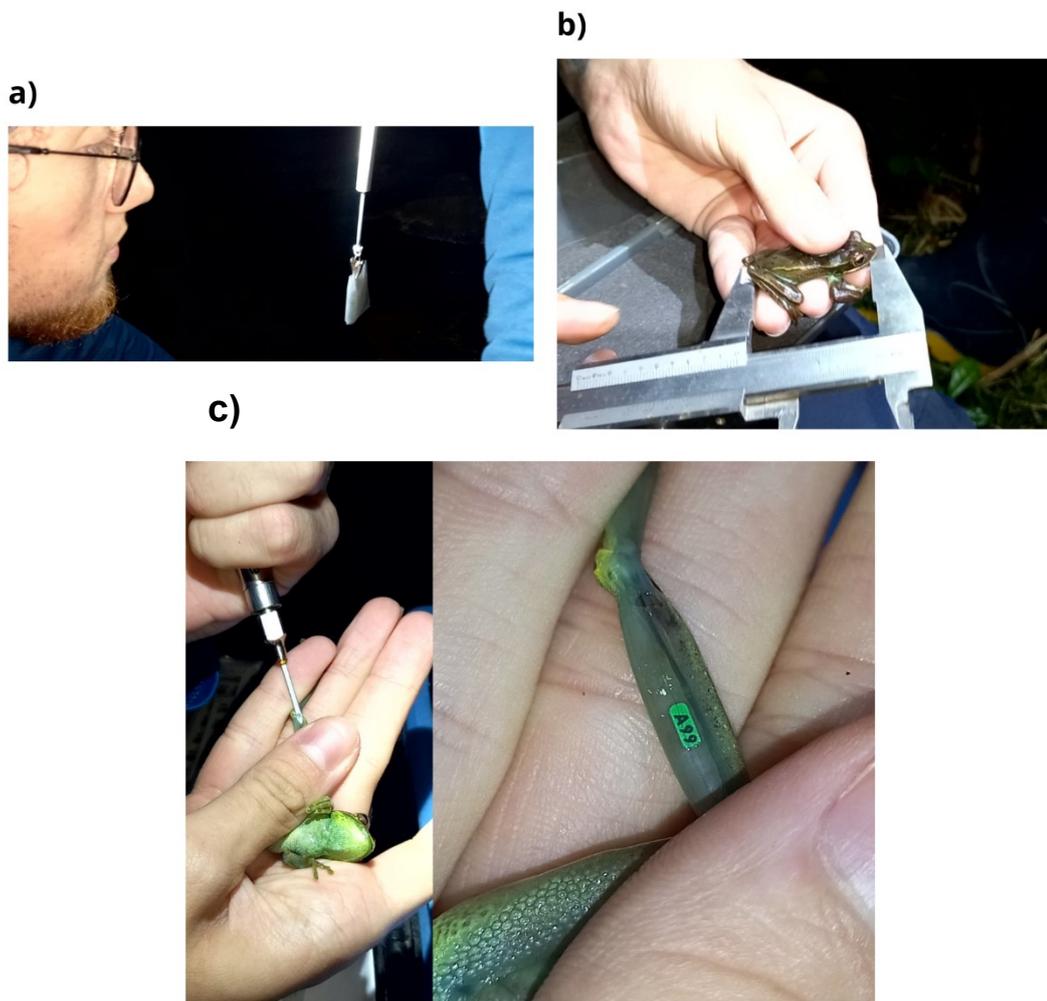


Figura 4 - a) Indivíduo adulto tendo a sua massa aferida com pesola; b) indivíduo adulto tendo o CRC medido com paquímetro; c) indivíduo adulto sendo marcado com etiqueta subcutânea.

2.3.2 Monitoramento das desovas

Foram realizadas campanhas de procuras ativas por desovas de *B. poaju*, durante o período diurno, entre o período de abril de 2022 a março de 2023. Essas campanhas foram independentes das campanhas de monitoramento dos adultos. Ao

avistar uma desova, inicialmente foi feito o registro fotográfico da desova e do ambiente em que se encontrava (Figura 5 – A), a temperatura da água e a profundidade da lâmina d'água que ela foi ovoposta. Em um segundo momento, as desovas foram realocadas em gaiolas para o monitoramento.

As gaiolas foram instaladas próximas ao local de ocorrência da desova, amarrando cada estrutura com cordas nas árvores e colocando algumas pedras dentro do recinto para ajudar na fixação (Figura 5 - B e C). Cada desova foi transportada com o auxílio de uma sacola plástica ou um balde pequeno cheio de água, para que os embriões não tivessem contato com o ar. O galho ou raiz das desovas foi amarrado dentro das gaiolas com arame galvanizado, para que ficassem suspensas e não tocassem na base ou no assoalho do rio.

Após fixadas, as gaiolas eram visitadas diariamente, para observar e registrar, por filmagens, o desenvolvimento embrionário das desovas. Durante as observações, foi registrado o horário da observação, presença de outras espécies, temperatura da água e presença de girinos eclodidos. O monitoramento finalizou após o término do desenvolvimento embrionário de todos os indivíduos da desova, caracterizado pela eclosão dos girinos e início do primeiro estágio larval 25 (Gosner, 1960). Cinco indivíduos selecionados de cada gaiola foram fotografados em um aquário milimetrado para poder medir seu tamanho corporal. Posteriormente, todos os indivíduos das gaiolas foram contabilizados e liberados para o seu ambiente natural. As fotos dos indivíduos no aquário milimetrado foram analisadas com o *software* "ImageJ" (Figura 5 – D, Schneider; Rasband; Eliceiri, 2012).

Foi feito um experimento piloto de desenvolvimento larval com a primeira desova encontrada. No final do desenvolvimento embrionário, todos os girinos eclodidos foram movidos para uma gaiola de dimensões maiores, a fim de monitorar o tempo de desenvolvimento larval, até completar a metamorfose.

2.3.2.1 *Estrutura das gaiolas*

Os recintos foram construídos com materiais de cano PVC 20 mm e uma tela de sombrite de nylon 50%. As dimensões foram: 50 cm de comprimento, 30 cm de largura e 30 cm de altura, para a gaiola de pequeno porte, e 2 m de comprimento, 1 m de largura e 1m de altura, para a gaiola de grande porte. A estrutura possui uma forma mais hidrodinâmica, hexagonal e compacta. Esta adaptação do formato foi feita

para evitar perdas no monitoramento, pois na região de amostragem ocorrem frequentemente enchentes e trombas d'água. A estrutura também possui uma tampa, feita dos mesmos materiais, para que as desovas fiquem protegidas de um dia para o outro. Além disso, a gaiola possui uma base de sombrite separando o assoalho do rio do resto da estrutura.

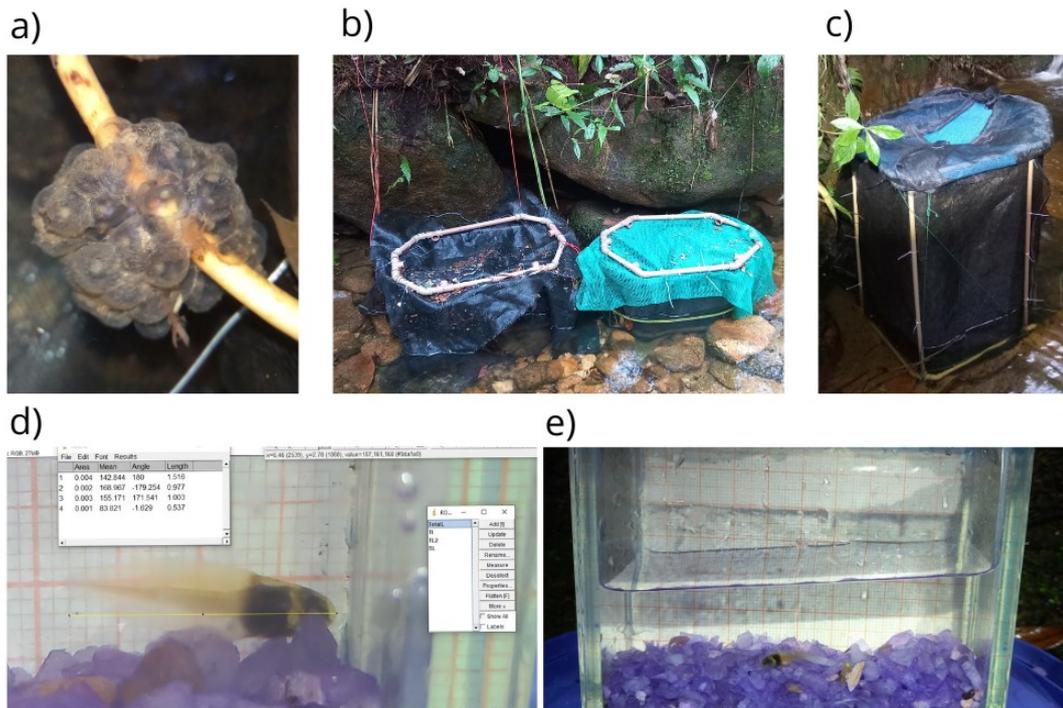


Figura 5 - a) Desova com os embriões aderida em galho; b) Gaiolas menores instaladas no rio; c) Gaiola maior instalada no rio; d) Análise da imagem do girino na interface do software ImageJ; e) Girino de *Boana poaju* em aquário milimetrado.

2.4 ANÁLISE DE DADOS

As análises foram feitas através de modelos lineares (LM; Kutner et al., 1996) e modelos lineares generalizados mistos (GLMM; Breslow; Clayton, 1993). Esses modelos ajudam a interpretar se uma variável resposta têm relação, ou é afetada, por uma variável explicativa. Além disso, o modelo GLMM permite que seja levado em conta os efeitos aleatórios do sistema (Breslow; Clayton, 1993).

Para responder aos nossos objetivos, a abundância dos adultos foi escolhida como variável resposta do GLMM e foi relacionada com as variáveis explicativas de temperatura, umidade e precipitação. Para cada uma dessas variáveis, foi usado as suas médias diárias e semanais, com o auxílio dos dados fornecidos pela

EPAGRI/Ciram, coletados pela Estação 2384 - Santo Amaro da Imperatriz, Bairro Sul do Rio. Como efeito aleatório, foram escolhidos os dois rios amostrados. Os modelos foram criados dentro dos ajustes da família de distribuição Binomial negativa, com a função de ligação *log*.

Para estimar os parâmetros populacionais do tamanho estimado da população, probabilidade de sobrevivência e probabilidade de recaptura foi utilizado o método de desenho robusto de Pollock (Kendall, 2012). O desenho robusto consiste em separar as campanhas de amostragem em períodos primários e períodos secundários (Figura 6) e analisar as capturas e recapturas de cada indivíduo. Os períodos primários consistem em intervalos de tempos maiores, dando oportunidade para a população ser influenciada por eventos de nascimento, morte e migração, sendo assim caracterizada como um período aberto. Dentro de cada período primário, há vários intervalos curtos de tempo chamados de período secundários. Por serem intervalos curtos, o período é considerado fechado para a população (Pollock, 1982). Nesta pesquisa, os períodos primários foram considerados as estações do ano amostradas e o secundário cada campanha de amostragem dentro de cada período primário.

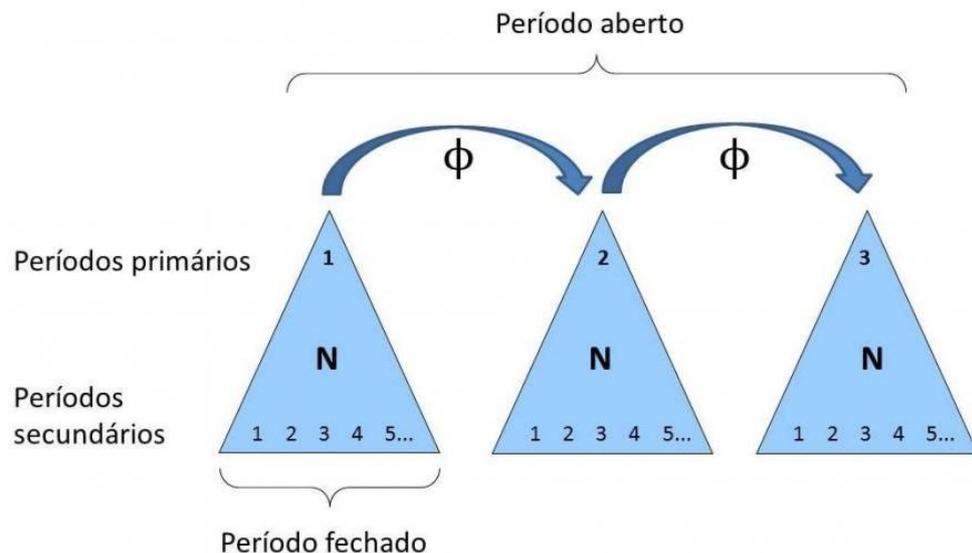


Figura 6 - Esquema do modelo robusto de Pollock, com períodos primários de população fechada e períodos secundários em que as populações são consideradas abertas. Modificado de: <http://ecologia.ib.usp.br/bie5703/doku.php?id=roteiros:robust>

Já para as variáveis CRC dos adultos, massa dos adultos, tamanho dos girinos e tempo de desenvolvimento embrionário foram feitas análises descritivas, através de interpretações de gráficos e cálculo das médias.

As análises descritivas e os modelos foram feitos no programa R v. 4.3.1 (R Core Team, 2023), utilizando o pacote “*lme4*” (Bates et al., 2015) e “*ggplot2*” (Wickham, 2016) para gerar os modelos lineares GLMM e LM. Para as análises de captura-marcação-recaptura foi utilizado o pacote do R “*Rmark*” (Laake, 2013) em conjunto com o programa “Mark” v. 10.1 (White; Burnham, 1999).

2.4.1 Seleção dos Modelos da Abundância

Para verificar a correlação entre as variáveis foi feita uma análise através do pacote *corrplot* v. 0.92. Quando o valor de correlação era igual ou maior que 0.70, a variável era cortada dos modelos. Assim, o processo foi repetido sem essa variável. Ao final, somente a temperatura semanal foi removida da análise, por sua alta correlação com a outra variável de temperatura diária (Figura 7).

Para a criação do GLMM com a variável resposta abundância, foi gerado uma combinação de modelos possíveis a partir das variáveis explicativas e efeitos aleatórios. Primeiro foi criado o modelo global, contendo todas as variáveis explicativas, inclusive as interações entre os efeitos, e efeitos aleatórios escolhidos. Foi feita uma sequência de simplificação dos efeitos explicativos a partir do modelo global. Através do comando *summary()* no R, foi analisado quais das variáveis possuíam o maior valor de p, e então foram retiradas essas variáveis e criado um novo modelo mais simples. Esse processo foi repetido para cada modelo novo, até sobrar somente modelos com uma variável explicativa e seus efeitos aleatórios correspondentes. Em seguida, foi analisado o novo conjunto de modelos pelos índices de AIC e BIC e então escolhido o melhor modelo. Os modelos gerados para cada variável resposta e seus respectivos AICs e BICs podem ser observados na tabela 2.

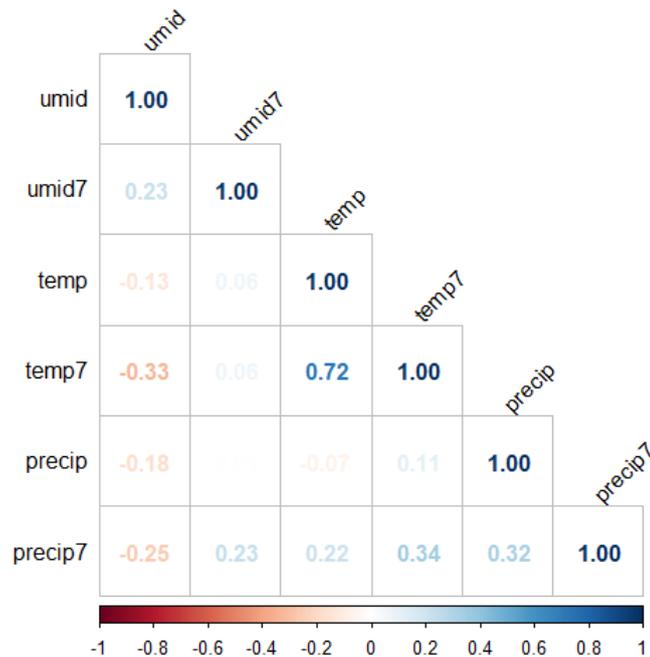


Figura 7 – Correlação entre cada variável ambiental explorada nos modelos. Valores dentro do quadrado indicando o nível de correlação seguindo a escala de -1 a 1, representada por cores quentes, mais perto do -1, e cores mais frias, mais perto do 1.

3 RESULTADOS

3.1 MONITORAMENTO DOS ADULTOS

Ao total, foram realizadas 42 campanhas de monitoramento dos adultos. Devido a pandemia do COVID-19, as campanhas de 2020 foram interrompidas em março e somente retornaram em outubro de 2021, por conta disso, a maioria das campanhas foram feitas em 2022 (n=19) e 2023 (n=15). Foram feitas 27 campanhas no rio Águas Claras (R1) e 15 campanhas no rio Arroio Plaza (R2), ao longo do período de amostragem. Durante as campanhas a temperatura observada variou de 14,1° C a 23,6° C, sendo em média 20,2° C, e a umidade relativa média foi de 78,84%, variando de 46% a 100%.

No total, foram marcados 108 indivíduos (105 machos e 3 fêmeas) e foi obtido 15 recapturas, sendo que os indivíduos tiveram no máximo duas recapturas após marcados. A abundância variou de 0 a 12 indivíduos de *B. poaju* encontrados por campanha, sendo mais frequentes nas estações de verão e primavera do que nas demais (Figura 8). Em relação às medidas, os adultos tiveram uma média de 41.65 ± 2.63 mm de CRC e 4.53 ± 0.79 g de massa. Os indivíduos foram achados em sua

maioria em galhos perto da margem do rio, algumas vezes associados a grutas ou refúgios do curso d'água.

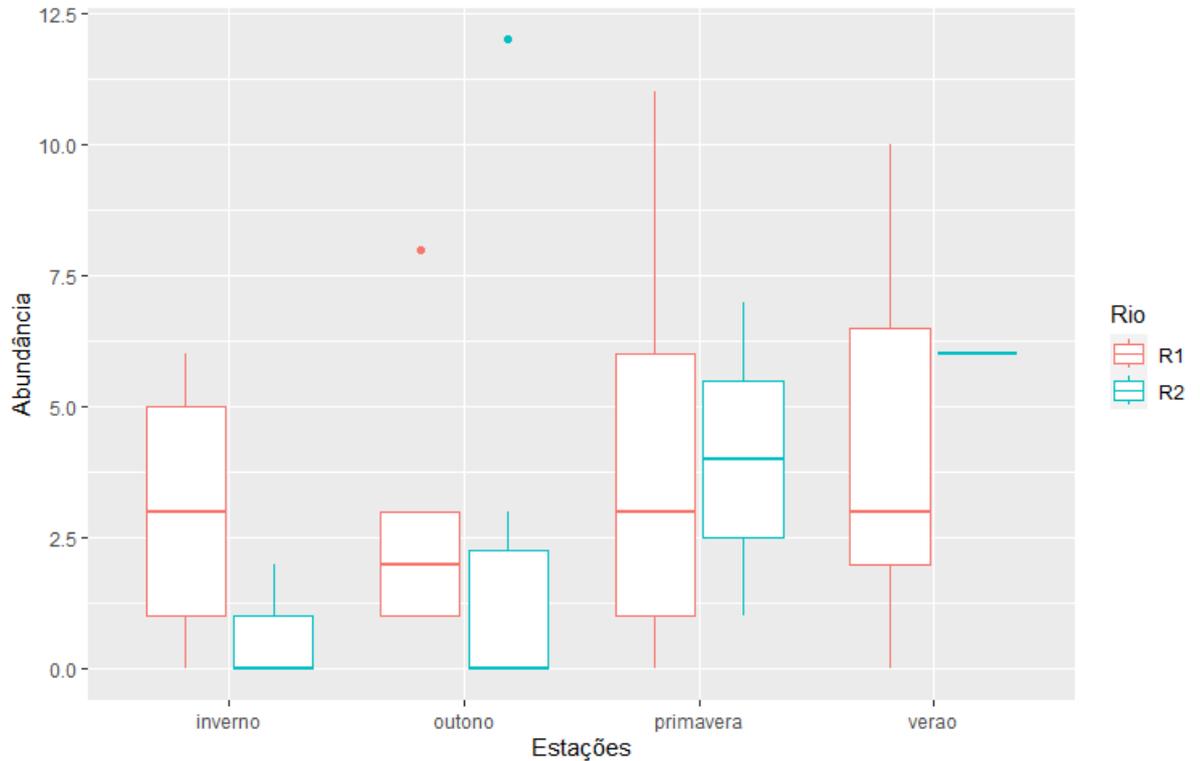


Figura 8 - Variação de abundância dos indivíduos adultos de *B. poaju* registrados separado pelas estações e por cada rio amostrado. R1, em vermelho = rio Águas Claras; R2, em azul = rio Arroio Plaza. Pontos isolados representam os outliers da amostragem.

3.1.1 Abundância

Quando analisados os valores de abundância ao longo das campanhas, foi observado uma dinâmica de aumento e diminuição no número de indivíduos (Figura 9), com o aumento nas estações mais quentes (verão e primavera) e diminuição nas estações mais frias (outono e inverno).

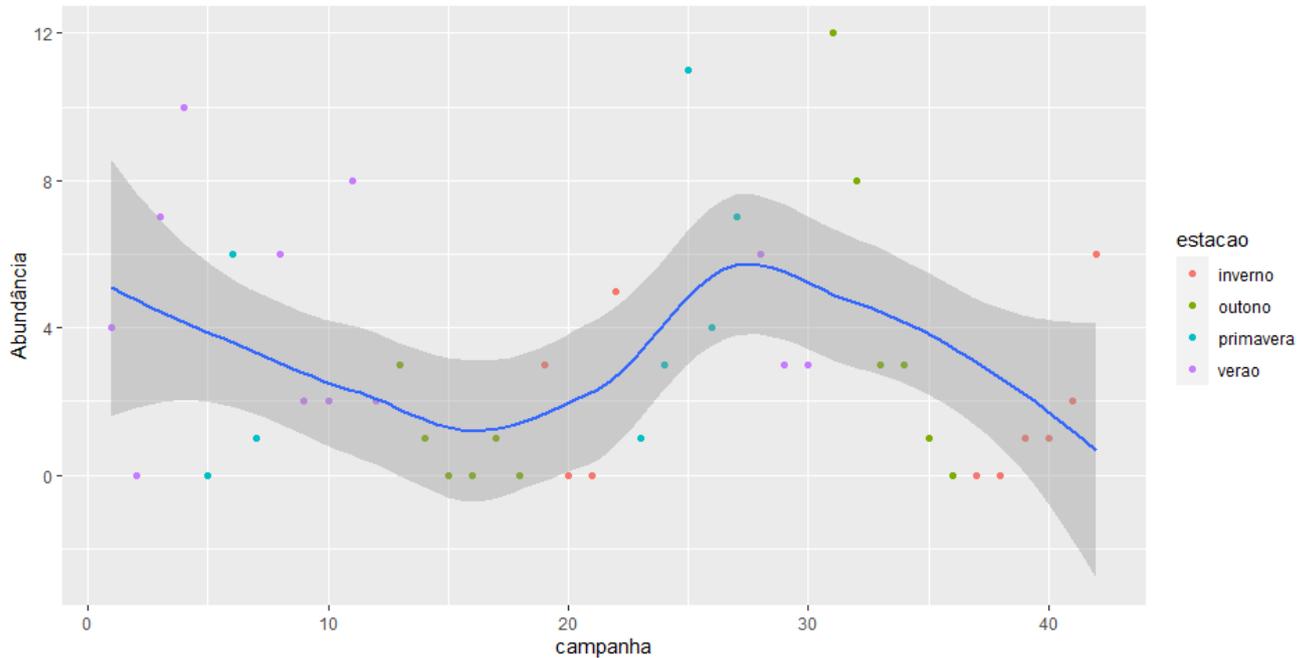


Figura 9 - Abundância de indivíduos adultos registrados ao longo das campanhas de amostragem. Cada ponto está colorido de acordo com a estação do ano que foi registrado. A linha de tendência, em azul, demonstra a variação da abundância nas estações.

A abundância apresentou resultados aparentes diferentes quando os dados obtidos nas campanhas foram plotados para cada variável ambiental. Na Figura 10, a linha de tendência da abundância demonstra uma relação positiva com a temperatura, aumentando o número de indivíduos encontrados conforme amostrado em temperaturas maiores. Já em relação a precipitação, a linha de tendência demonstrou uma relação pouco positiva conforme o valor da precipitação aumenta (Figura 11). A umidade apresentou resultados opostos à temperatura, em que a abundância diminuiu com o aumento da umidade (Figura 12).

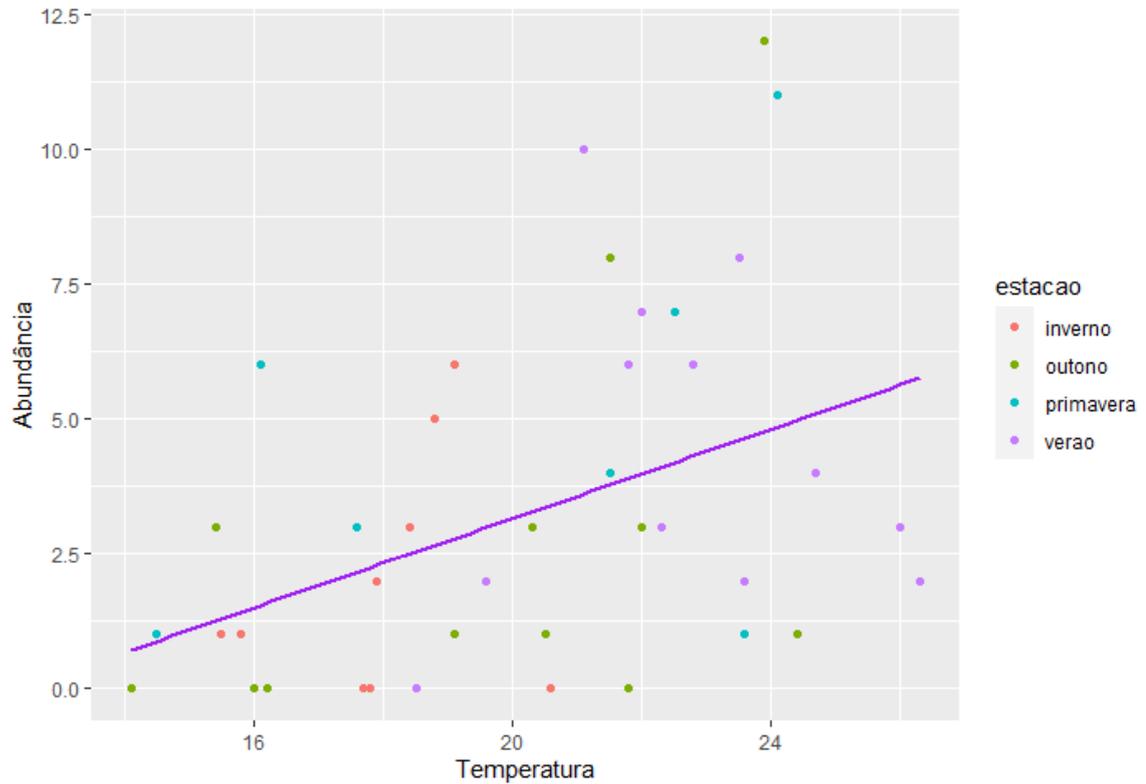


Figura 10 – Abundância registrada ao longo das temperaturas (°C) amostradas. Cada ponto esta colorido de acordo com a estação que foi amostrada. A linha de tendência, em roxo, demonstra a relação aparentemente positiva da abundância com a temperatura.

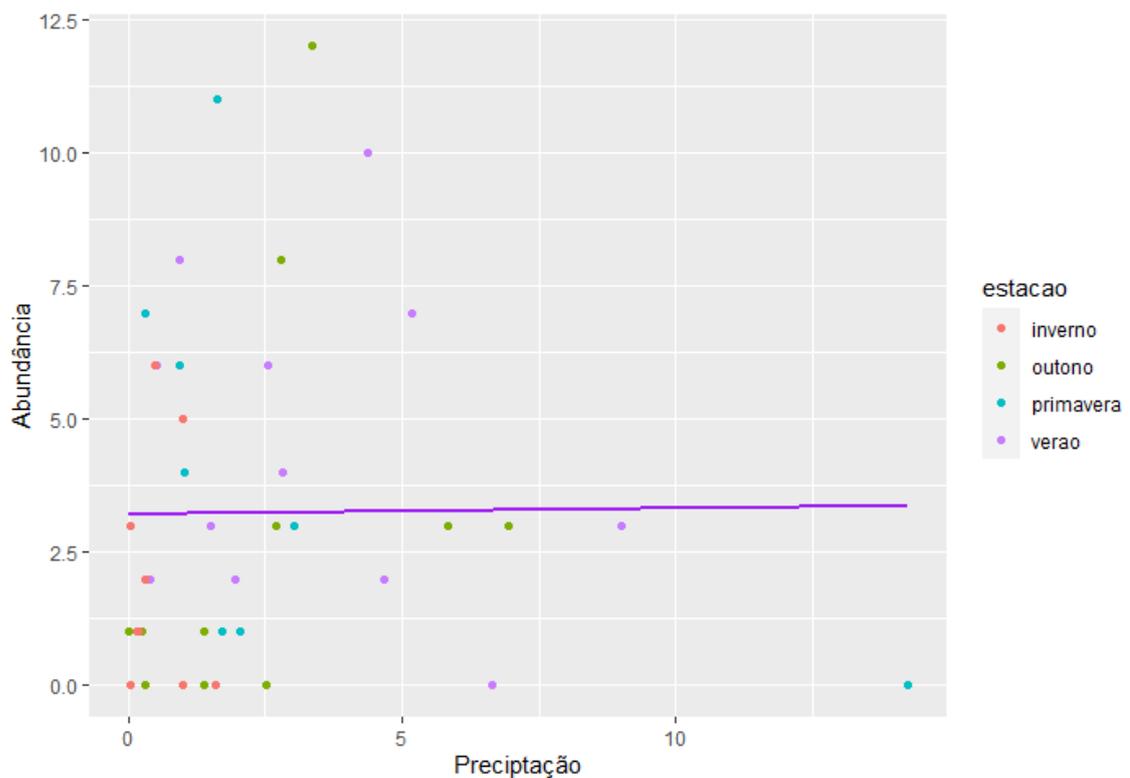


Figura 11 - Abundância dos indivíduos adultos de *B. poaju* registrada ao longo das precipitações (mm). Cada ponto esta colorido de acordo com a estação que foi amostrada. A linha de tendência, em roxo, demonstra a relação da abundância com a precipitação.

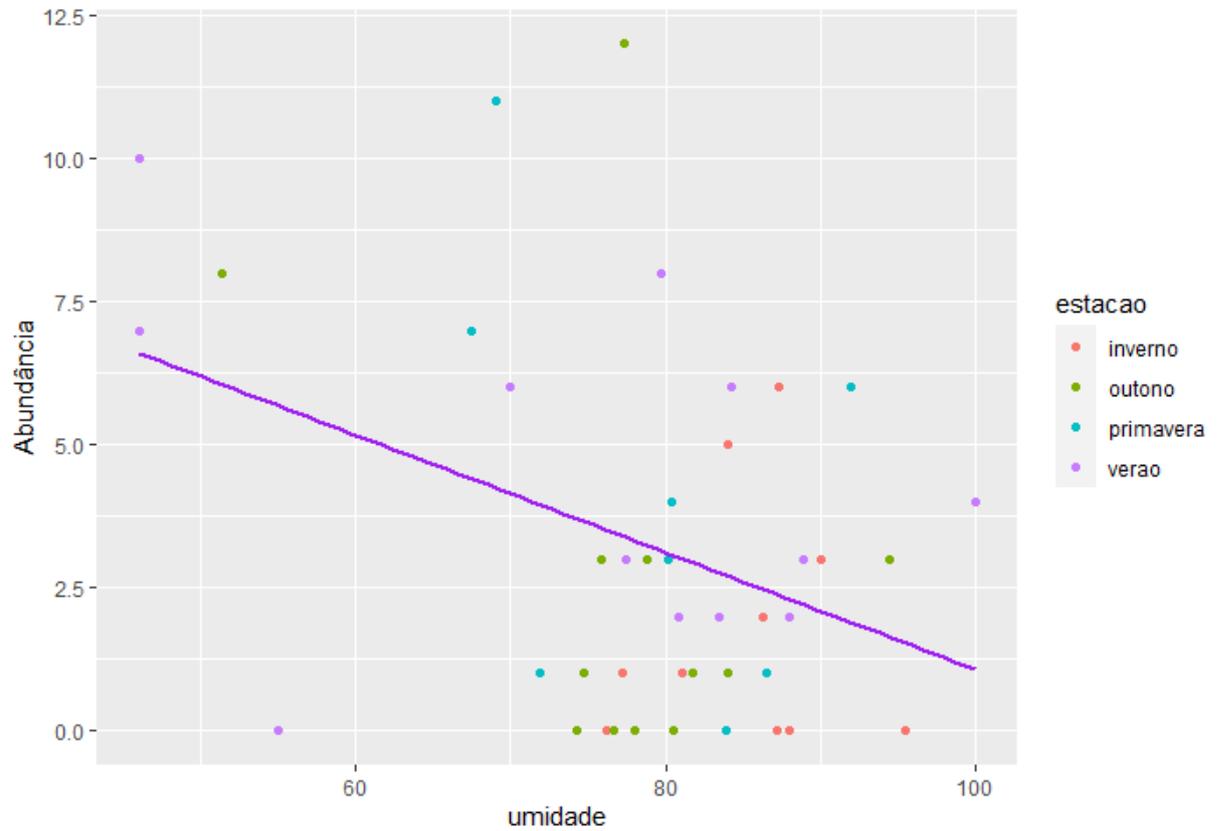


Figura 12 - Abundância dos indivíduos adultos de *B. poaju* ao longo das umidades (%). Cada ponto está colorido de acordo com a estação que foi amostrada. A linha de tendência, em roxo, demonstra a relação aparentemente negativa da abundância com a umidade.

3.1.2 CRC

O comprimento rostro-cloacal entre os indivíduos foi similar ao longo das estações e entre os rios (Figura 13). Porém, percebe-se que no verão dos dois rios e no inverno do R2, os tamanhos de cada indivíduo são relativamente maiores que os demais. Além disso, os menores CRCs foram observados no R2 durante a primavera.

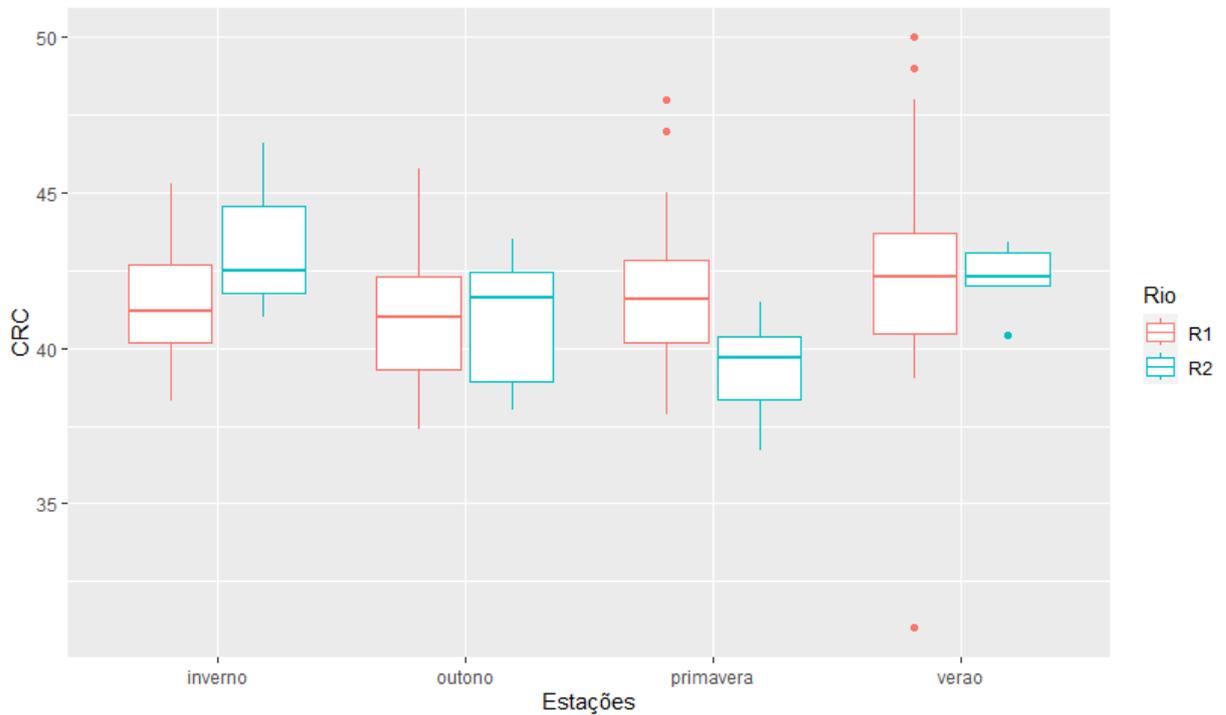


Figura 13 - CRC registrado dos indivíduos adultos de *B. poaju* separado pelas estações e por cada rio. R1, em vermelho = rio Águas Claras; R2, em azul = rio Arroio Plaza. Pontos isolados representam os outliers da amostragem.

3.1.3 Massa

Paralelo aos resultados do CRC, o peso dos indivíduos mostrou proporções parecidas entre as estações e rios. No verão dos dois rios e no inverno do R2 foram observados os maiores valores de peso. Já no outono dos dois rios e na primavera do R2, os indivíduos tiveram pesos relativamente mais baixos que nas outras estações (Figura 14).

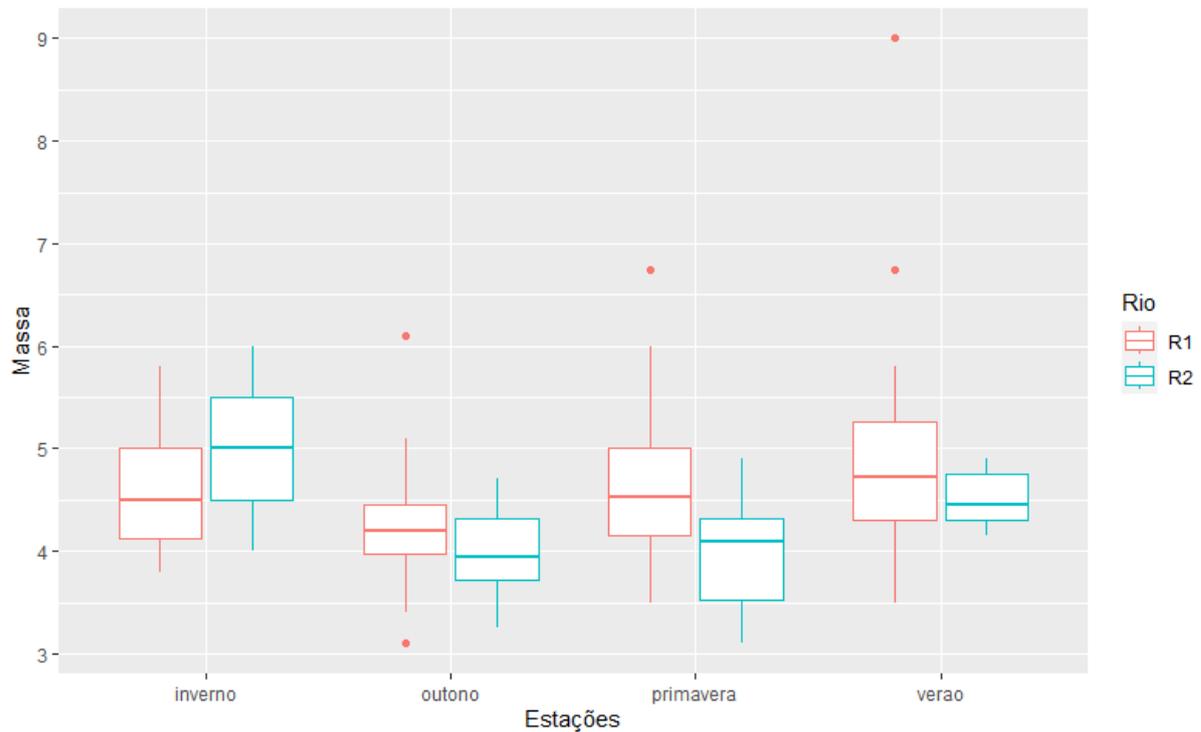


Figura 14 - Massa dos indivíduos adultos de *B. poaju* separado pelas estações e por cada rio. R1, em vermelho = rio Águas Claras; R2, em azul = rio Arroio Plaza. Pontos isolados representam os outliers da amostragem.

3.2 MONITORAMENTO DOS GIRINOS

Ao total foram feitas quatro campanhas de procura de desovas de *B. poaju*. Foram encontradas seis desovas, uma em abril de 2022, duas em janeiro de 2023, uma em fevereiro de 2023 e duas em abril de 2023, com uma profundidade média de 7.54 ± 3.134 cm da lâmina d'água. Os girinos tiveram um desenvolvimento embrionário observado de em média 12.50 ± 3.21 dias nas gaiolas, sendo que uma das desovas demorou somente seis dias para ter todos os girinos eclodidos (Tabela 1). Os experimentos tiveram cerca de 58.33 ± 9.1 girinos eclodidos, que se desenvolveram em uma temperatura média de $21.83^\circ\text{C} \pm 0.57$ e com um tamanho médio de $1.509 \text{ cm} \pm 0.144$ (Tabela 1).

Os 64 girinos da desova 1 foram realocados para a gaiola de maior porte em abril de 2022. O monitoramento se estendeu até final de novembro do mesmo ano, pois uma enchente destruiu a gaiola, interrompendo o experimento antes que os girinos chegassem a desenvolver os membros inferiores (estagio 30, Gosner, 1960). Portanto, no final desses 7 meses e meio de observação, os girinos cresceram até mais ou menos 4,5 cm e a última contagem realizada registrou 33 indivíduos ainda vivos (sobrevivência = 51.6%).

Tabela 1 Características das desovas, contendo nº de indivíduos, média do tamanho dos girinos ao eclodir, temperatura média da água, dias de desenvolvimento embrionário observados e profundidade que foi encontrada.

Desova	nº indivíduos	media_tamanho (cm)	sd_tamanho	Temperatura°	dias	profundidade(cm)	precipmedia
desova1	64			20.768	6		7.43
desova2	42	1.457	0.09298548	22.225	14	10,7	5.90
desova3	53	1.553	0.1250288	22.225	13	4,89	6.09
desova4	64	1.591	0.08930792	21.7	14	10	5.54
desova5	64	1.600	0.08843359	21.8	14	3,626	6.13
desova6	63	1.312	0.1207299	22.26	14	8,5	6.50

Os tamanhos que os girinos nasceram foram parecidos entre as desovas 3, 4 e 5, sendo que a desova 3 foi a que apresentou menor variação entre os indivíduos. As desovas 2 e 6 foram as que apresentaram os menores valores de tamanho, sendo que a desova 6 chegou a ter um tamanho de quase 0,3cm menor em relação a desova 5 (Tabela 1; Figura 15).

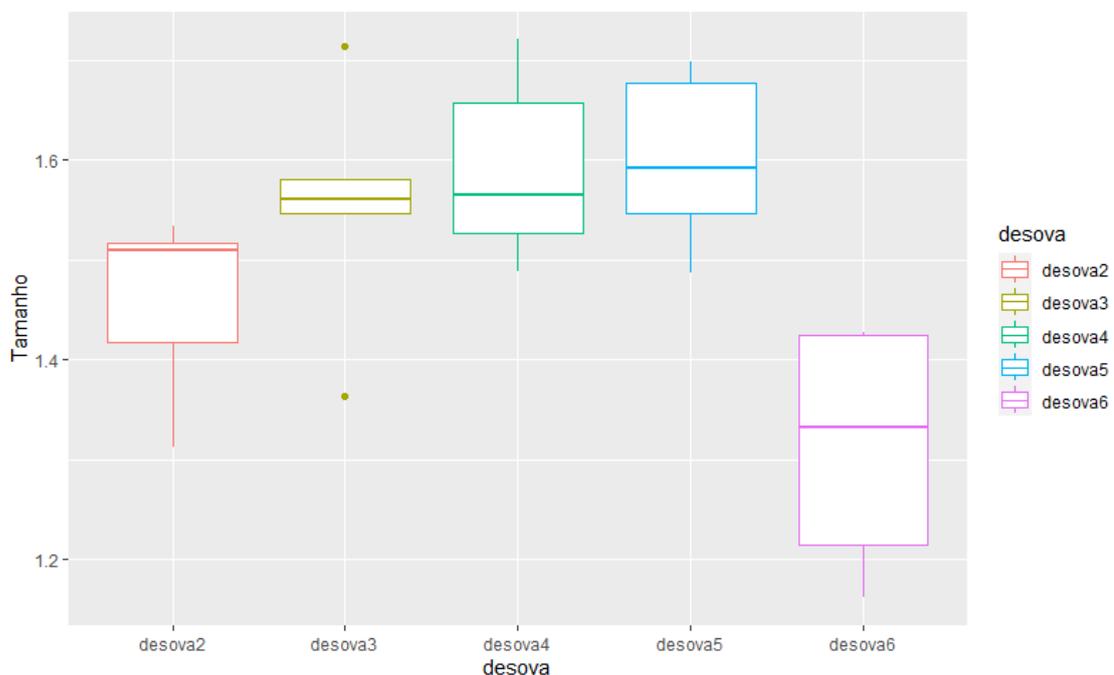


Figura 15 – Tamanho (cm) dos girinos de *B. poaju* separado por cada desova monitorada.

A média da temperatura da água e da precipitação durante os dias de desenvolvimento embrionário não aparentam ter efeito no tamanho em que os girinos

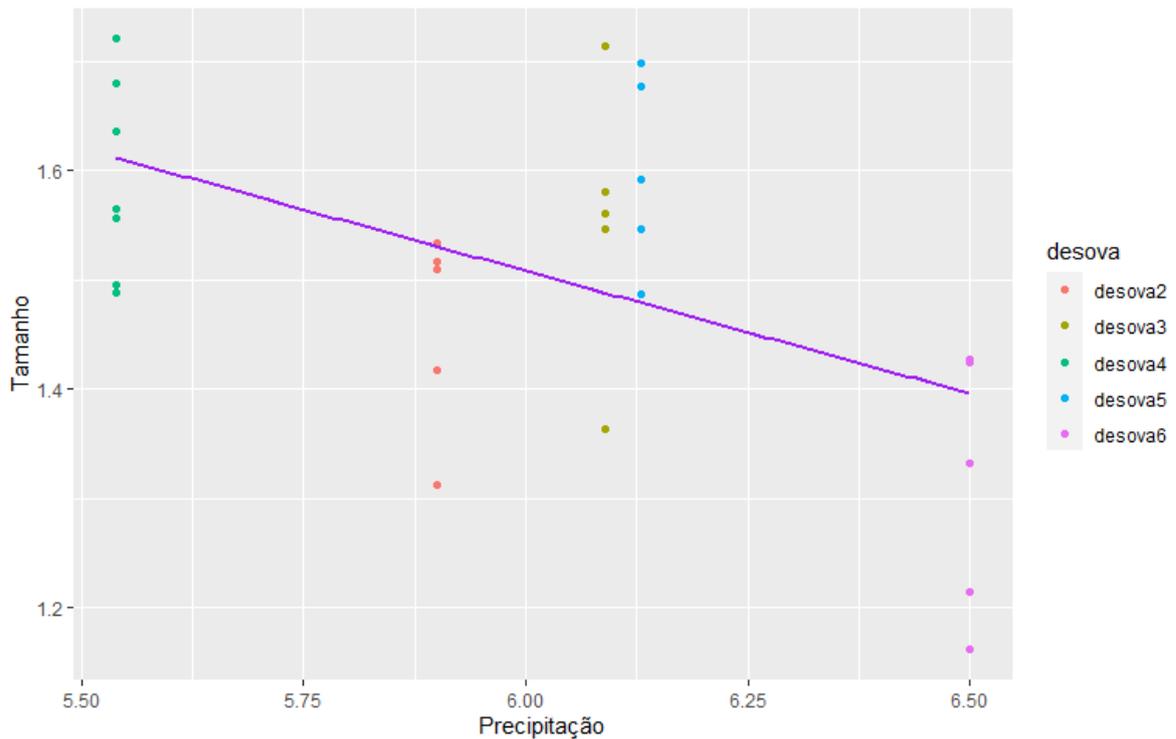


Figura 17 – Tamanho (cm) dos girinos por precipitação (mm). Cada ponto representa o tamanho de um girino, colorido de acordo com a desova que eclodiu. Linha de tendência, em roxo, indicando a relação aparente do tamanho com a precipitação.

A maioria das desovas só apresentou os primeiros girinos eclodidos a partir do décimo dia de desenvolvimento (Figura 18). A desova 1, que demorou somente seis dias de desenvolvimento, começou a apresentar os primeiros girinos logo no segundo dia de observação. A desova 3 teve um girino eclodido no sexto dia de observação, mas este era um girino prematuro, porque não possuía a coloração típica dos girinos de *B. poaju* e possuía corpo muito pequeno e com saco vitelínico, o mesmo não foi mais observado nos dias seguintes.

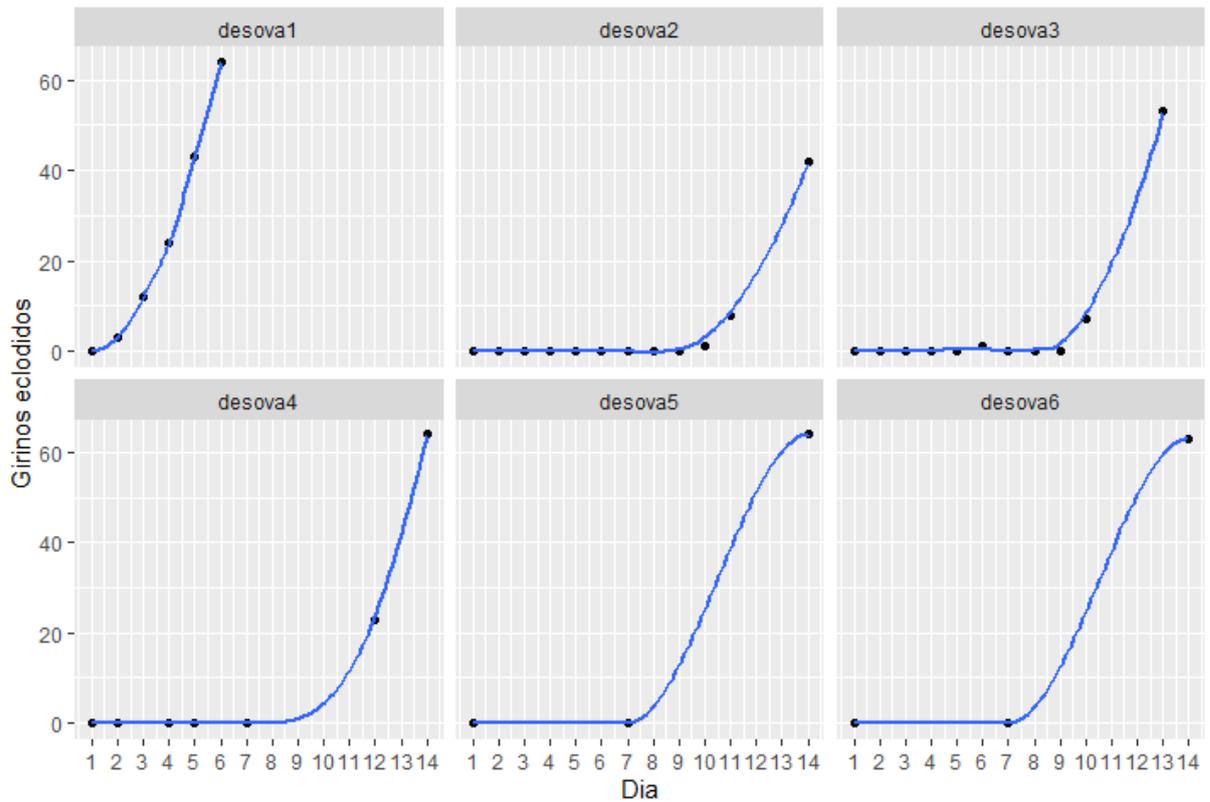


Figura 18 - Girinos eclodidos ao longo dos dias de desenvolvimento embrionário observados, separado por desova. Cada ponto indica o número de girinos presentes na gaiola naquele dia de observação.

3.3 MODELOS DA ABUNDÂNCIA

Foram criados cinco modelos para a variável resposta. O efeito aleatório escolhido para essa variável foram os Rios em que os dados foram coletados, pois cada rio possui sua combinação de dados diferente, como horário que iniciou, a estação, etc. De acordo com a seleção de modelos, o modelo GLMM mais significativo foi o modelo 2 que apresentava as variáveis explicativas de temperatura e umidade diária, assim como a relação entre as duas (Tabela 2).

Tabela 2 – Modelos GLMM para a abundancia. Abund= Abundancia; temp= Temperatura diaria; umid= Umidade diaria; precip7= Precipitação semanal; umid7= Umidade semanal; temp7= Temperatura semanal.

Abundância			
N	Modelo	AIC	BIC
1	abund ~ temp + umid + umid7 + precip7 + campanha + temp:umid + umid7:precip7 + umid:precip7 + (1 Rio)	179.6406	197.9398

2	abund ~ temp + umid + temp:umid + (1 Rio)	175.3089	185.2902
3	abund ~ temp + temp:umid + (1 Rio)	183.5938	191.9116
	abund ~ umid + temp:umid + (1 Rio)	185.5208	193.8386
4	abund ~ temp + (1 Rio)	184.2714	190.9257
5	abund ~ umid + (1 Rio)	187.7238	194.3781

Analisando as respostas dos efeitos fixos do modelo 2 (Tabela 3), observa-se que a temperatura é a variável que mais influência na abundância, sendo que a cada unidade de temperatura aumentada, a abundância aumenta em duas unidades, sendo diretamente proporcional. A umidade também apresentou uma relação positiva com a abundância, em que a cada unidade de umidade a abundância aumenta em 0.47 unidades. A relação temperatura:umidade foi a única variável que apresentou um valor negativo estimado, demonstrando que conforme essa relação aumenta, a abundância da espécie diminui.

Tabela 3 – Respostas dos efeitos fixos para o modelo 2.

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-39.759839	2.703816	-14.71	<2e-16 ***
temp	2.007469	0.119587	16.79	<2e-16 ***
umid	0.479605	30.803	15.57	<2e-16 ***
temp:umid	-0.023685	0.001389	-17.06	<2e-16 ***

Examinando visualmente o gráfico quantil-quantil dos resíduos (Figura 19), nota-se que os resíduos (círculos vazios) não se distanciam muito dos resíduos esperados pelo modelo (linha preta). Isso indica que o modelo está coerente com os dados coletados.

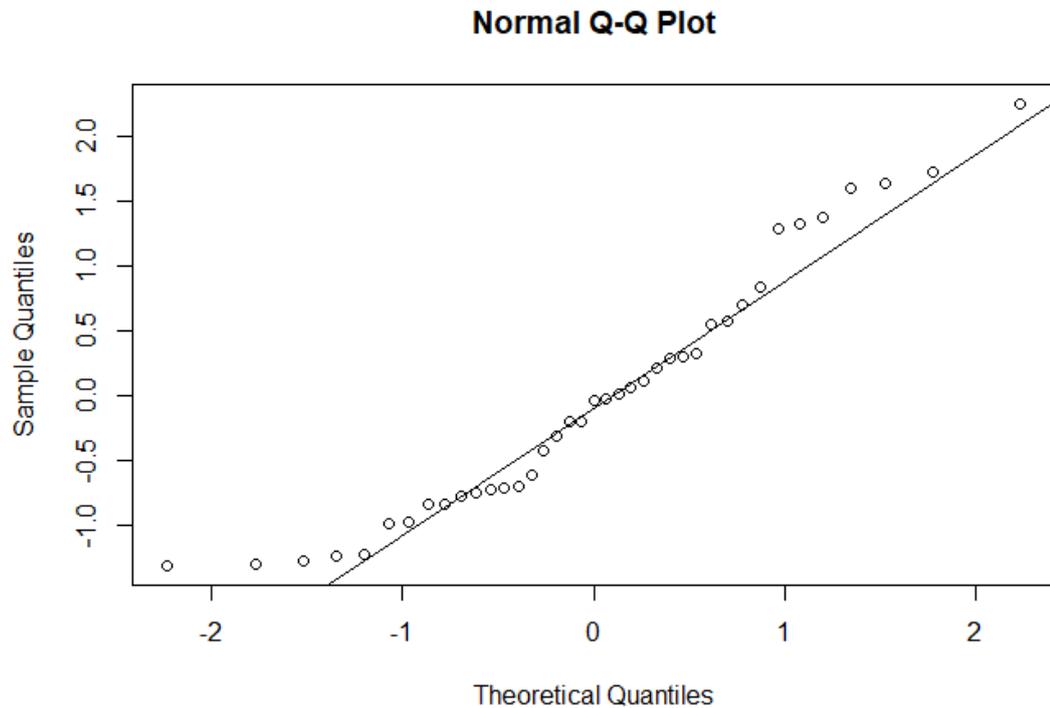


Figura 19 - Gráfico quantil-quantil mostrando a distribuição dos resíduos do modelo 2. Círculos vazios indicam os resíduos e a linha preta indica os resíduos esperados pelo modelo.

Nas figuras 20 e 21 foram os valores de abundância da espécie previsto pelo modelo para cada valor de temperatura e umidade, respectivamente. Na figura 20 observa-se o efeito positivo da temperatura na abundância. A 14° C espera-se uma abundância de quase zero indivíduos, a medida em que esse valor aumenta com a temperatura, até chegar aos 26° C, onde a abundância é próxima de sete. Já na figura 21 observa-se, como demonstrado na tabela 3, a pouca variação da abundância esperada com o aumento da umidade.

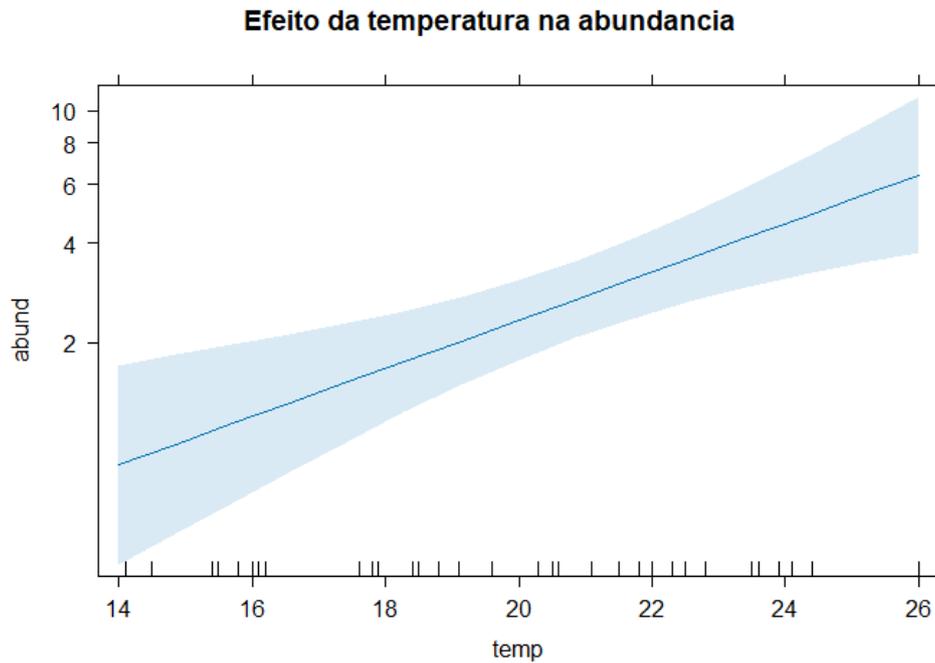


Figura 20 - Efeitos da temperatura (°C) na abundância dos adultos de *B. poaju*, gerada pelo modelo 2.

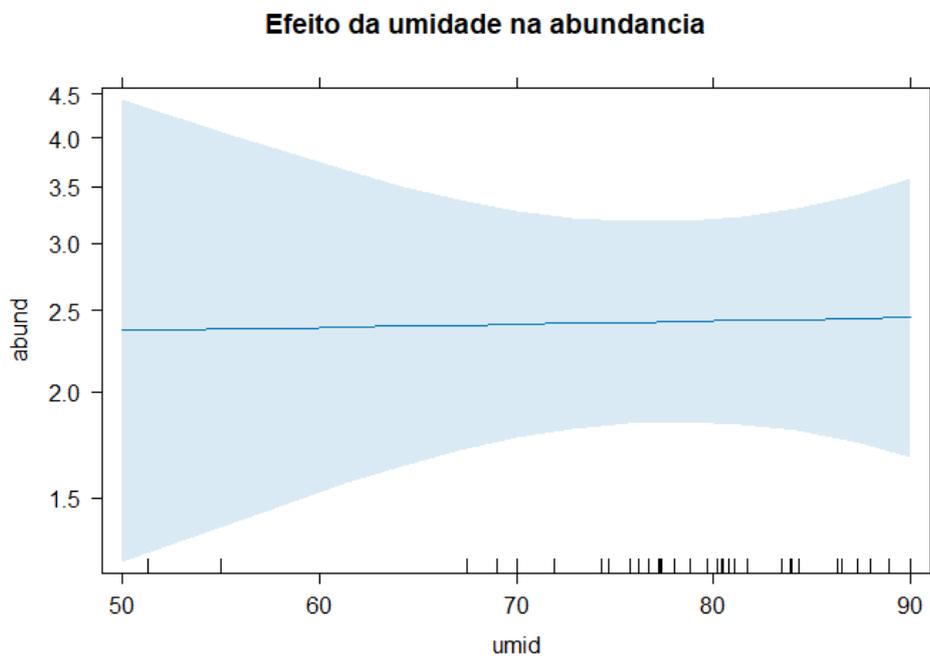


Figura 21 – Efeitos previstos da umidade (%) na abundância dos adultos de *B. poaju*, gerada pelo modelo 2.

Na figura 22 é demonstrado o efeito da interação temperatura:umidade em relação aos preditos da abundância do modelo. Quando analisada a relação do menor valor de umidade com a temperatura (linha vermelha), nota-se um comportamento

parecido com o efeito da temperatura na abundância, onde conforme a temperatura aumenta e a umidade se mantém baixa, a abundância aumenta proporcionalmente. Porém esse efeito é diminuído à medida que a umidade aumenta (Linha azul), ao ponto de tornar-se uma relação decrescente com a abundância (linha verde).

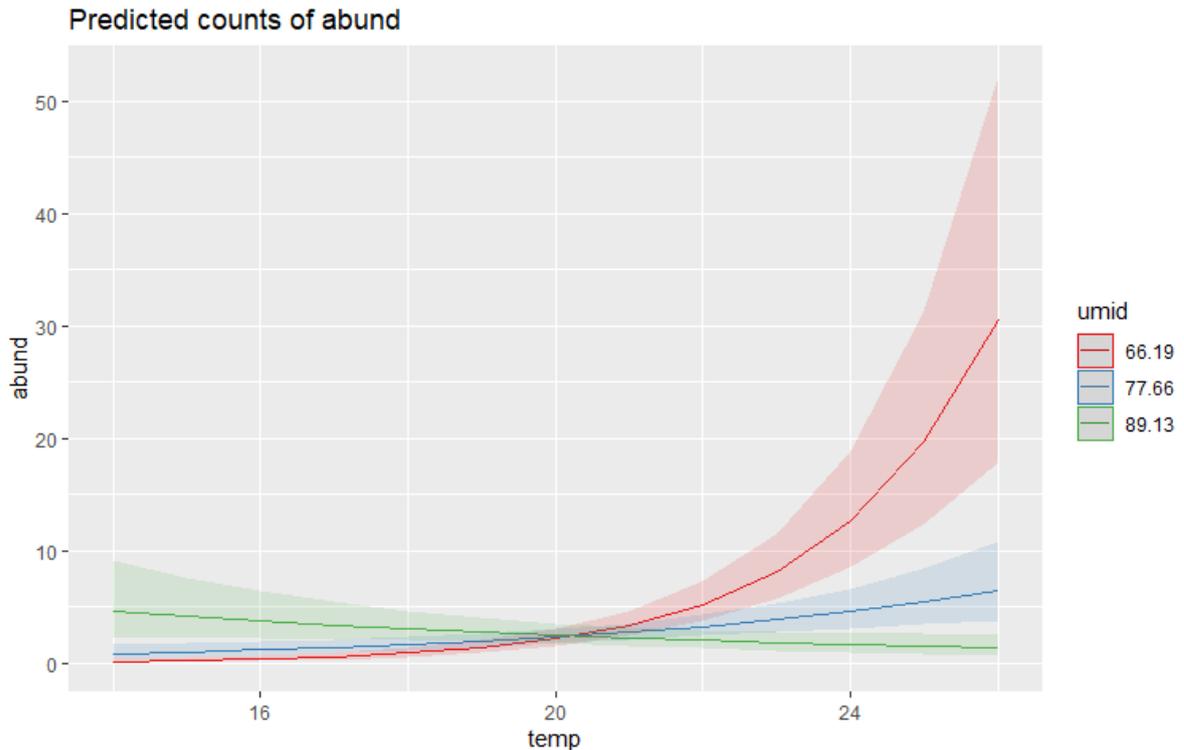


Figura 22 - Efeito da relação da temperatura com a umidade na abundância dos adultos de *B.poaju*, gerado pelo modelo 2. Linha de tendência em vermelho indica a relação da abundância com a temperatura, quando a umidade está em 66,19%. Linha de tendência azul indica a relação da abundância com a temperatura, quando a umidade está em 77,66%. Linha de tendência em verde indica a relação da abundância com a temperatura, quando a umidade está em 89,13%.

3.4 MODELOS DE MARCAÇÃO-RECAPTURA

Foram elaborados cinco modelos (Tabela 4) com os parâmetros probabilidade de sobrevivência (S), probabilidade de não encontrar o indivíduo (Gamma'' e Gamma'), probabilidade de recaptura (p) e indivíduos não amostrados (f0). O modelo escolhido foi o modelo cinco, que possui o menor AIC.

Tabela 4 – Modelos Robustos gerados, com os parametros S= probabilidade de sobrevivencia; Gamma'' e Gamma' = probabilidade de não encontrar o individuo adulto; p= probabilidade de recaptura; f0= individuos não amostrados.

N	Modelo	npar	AICc
1	$S(\sim -1 + \text{time})\text{Gamma}''(\sim -1 + \text{time})\text{Gamma}'(\sim -1 + \text{time})p(\sim -1 + \text{session}:\text{time})c()f0(\sim -1 + \text{session})$	74	292,4455
2	$S(\sim -1 + \text{time})\text{Gamma}''(\sim -1 + \text{time})\text{Gamma}'()p(\sim -1 + \text{session}:\text{time})c()f0(\sim -1 + \text{session})$	67	227,5981
3	$S(\sim -1 + \text{time})\text{Gamma}''(\sim 1)\text{Gamma}'(\sim 1)p(\sim -1 + \text{session}:\text{time})c()f0(\sim -1 + \text{session})$	61	183,7931
4	$S(\sim -1 + \text{time})\text{Gamma}''(\sim 1)\text{Gamma}'()p(\sim -1 + \text{session}:\text{time})c()f0(\sim -1 + \text{session})$	60	178,3217
5	$S(\sim -1 + \text{time})\text{Gamma}''(\sim 1)\text{Gamma}'(\sim 1)p(\sim -1 + \text{session}:\text{time})c()f0(\sim -1 + \text{session})$	59	167,57

Analisando os resultados dos parâmetros probabilidade de sobrevivência aparente entre as capturas (S) e probabilidade de ocorrer recaptura (P), obtém-se os valores estimados entre os períodos primário e secundário analisados. A sobrevivência entre as estações amostradas foi acima de 50% na maioria dos períodos. O primeiro intervalo de períodos primários não foi levado em consideração, por causa da interrupção da pesquisa devido a pandemia. As maiores porcentagens de sobrevivência foram entre a primavera e o verão, e entre o outono e inverno de 2023 (Figura 23), ambos estimaram 100% de sobrevivência. Seguido pelo intervalo primavera-verão de 2021 (69,84%) e inverno-primavera de 2022 (53,30%). Os únicos valores abaixo de 50% foram nos intervalos verão-outono, caindo para 12,46% em 2022 e 31,18% em 2023. A probabilidade de recaptura foi baixa em todos os períodos, sendo em média $8,47\% \pm 18,88$. Os maiores valores de P foram observados nos primeiros períodos de amostragem, mas isso provavelmente é devido aos intervalos de tempo menores entre uma campanha e outra antes da inclusão do segundo rio na amostragem (Figura 24).

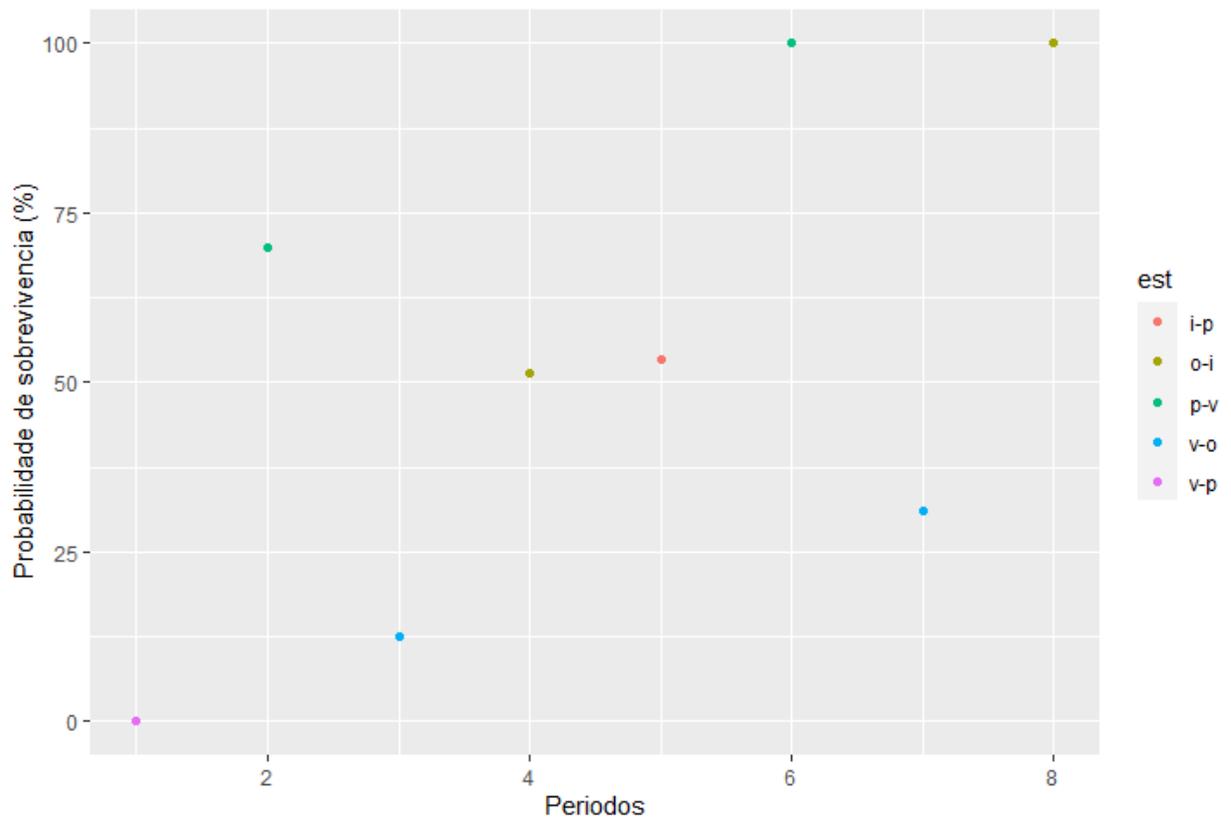


Figura 23 - Probabilidade de sobrevivência indivíduos adultos de *B. poaju* entre os períodos primários. Cada ponto indica a porcentagem de sobrevivência entre as estações; i-p = inverno para primavera; o-i = outono para invernos; p-v = primavera para verão; v-o = verão para outono.

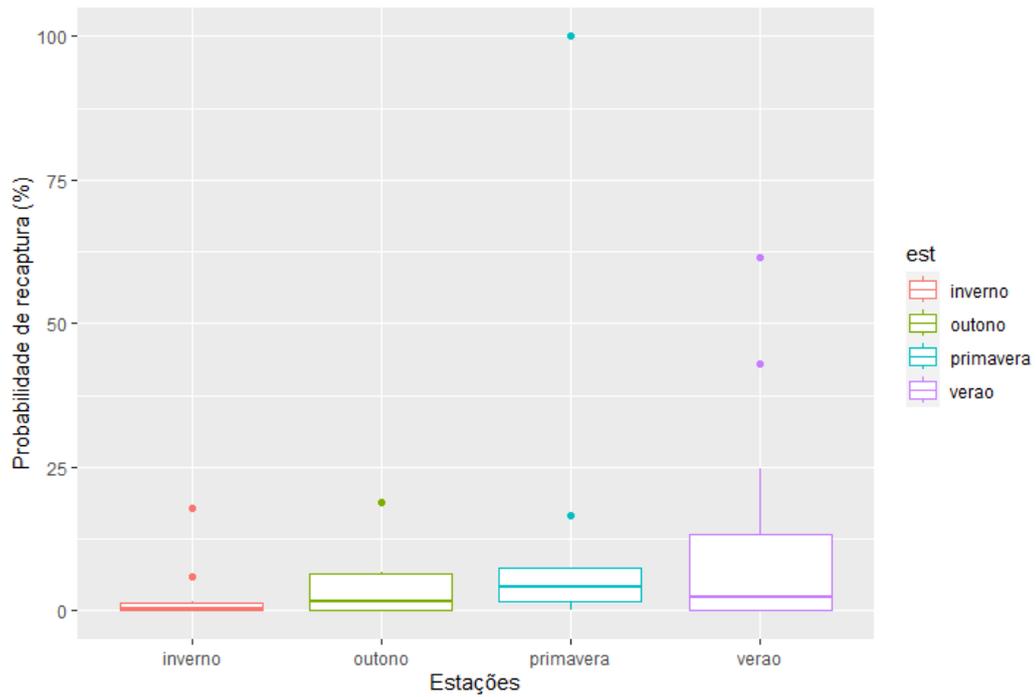


Figura 24 - Probabilidade de recaptura dos indivíduos adultos de *B. poaju* separado por estações. Pontos isolados indicam os *outliers* amostrados.

Os valores estimados para o número de indivíduos da população podem ser vistos na figura 25. A população segue a dinâmica de aumento de indivíduos a partir da primavera e uma queda no número no outono. No início dos períodos primários de amostragem a população foi estimada em 16 indivíduos e no fim a população alcançou a estimativa de 382 indivíduos.

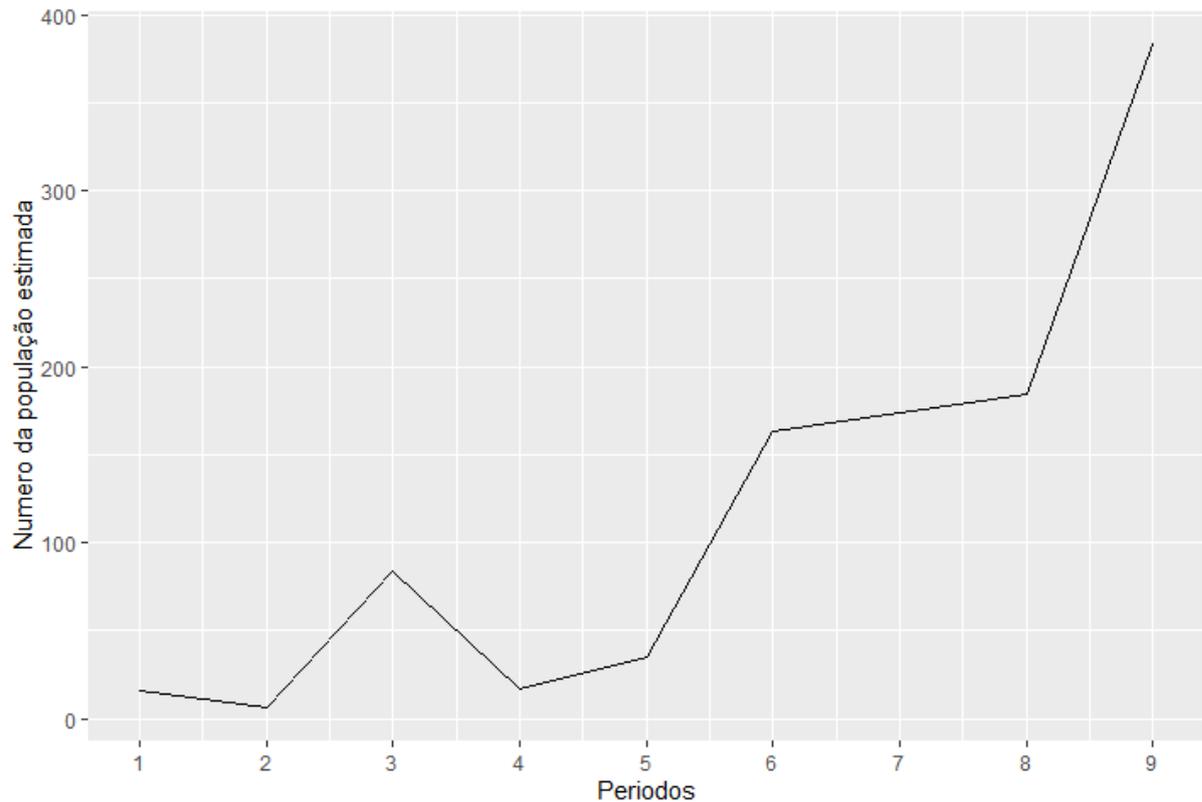


Figura 25 - Número estimado do tamanho populacional de adultos de *B. poaju* por período primário. A linha preta indica a flutuação do tamanho da população na passagem de uma estação para a outra (períodos primários).

4 DISCUSSÃO

4.1 ADULTOS

4.1.1 Abundância

A abundância da *B. poaju* está positivamente relacionada com a temperatura, sendo a principal variável explicativa. O número de indivíduos encontrados em cada rio segue uma variação entre as estações, sendo menor nas estações mais frias e maior nas estações mais quentes. É possível observar nos resultados que a abundância começa a diminuir no outono e volta a crescer até chegar nas maiores abundâncias na primavera e verão. Por conta da diferença no número de amostras feitas em cada rio, não comparamos as abundâncias observadas em cada um. Mas é possível observar que o rio Plaza aparenta seguir o mesmo padrão sazonal. Levando em conta somente a temperatura, a relação com a abundância predita pelo modelo é linear. O maior valor de abundância estimada foi encontrado na maior temperatura registrada, enquanto a menor abundância estimada estava relacionada com a menor

temperatura amostrada. Esse valor é ainda maior quando associado a umidades relativas do ar baixas, chegando a mais de 30 indivíduos estimados com a maior temperatura amostrada. Contudo essa relação raramente será observada no ambiente natural, pois a umidade relativa do ar é sempre alta nos rios amostrados (média de 78,84%). De fato, o alcance observado da abundância dos anfíbios da região subtropical sul tende a aumentar em mais de 40% com a mudança de áreas mais frias para as mais quentes, sendo a temperatura anual o fator preditor mais significativo (Carvalho-Rocha et al., 2020). A temperatura também está associada com mudanças indiretas no comportamento dos anfíbios, como foi evidenciado na reprodução precoce de anfíbios devido a mudanças climáticas (Blaustein et al., 2001). Portanto, acreditamos que com as atuais mudanças na temperatura do planeta, a dinâmica populacional da *B. poaju* pode ser afetada a níveis mais complexos. Encontramos uma relação positiva com a atividade da espécie, e esta pode influenciar, além da abundância, a fisiologia, comportamento e desenvolvimento dos anfíbios, como observado em outros estudos (Vieira de Andrade, 2017).

No nosso modelo, a umidade relativa apresentou uma influência negativa sobre a abundância quando relacionada com a temperatura. Esse resultado é o inverso do que foi observado em anfíbios de serrapilheira (Oliveira et al., 2013). Contudo, essa relação negativa com a abundância de anfíbios pode estar relacionada com a diminuição da abundância de artrópodes conforme a umidade aumenta (Toft, 1980). De acordo com o autor, isso indica que a diminuição de oferta de presas pode também diminuir a presença de indivíduos adultos de anfíbios. Por ter a possibilidade de associações indiretas, como a oferta de alimento, com a abundância, e a relação aqui apresentada não ser linear, os dados gerados pelo modelo não foram considerados significativos para a espécie.

A precipitação não foi um fator determinístico para o modelo em relação à abundância. Em anfíbios dependentes de lagoas para reprodução costumam ter uma relação positiva com a precipitação, devido ao hidroperíodo das lagoas, quando são menos suscetíveis à dessecação (Semlitsch et al., 1996). Essa relação também parece ser verdadeira com os anfíbios de riachos. Através de um monitoramento passivo, foi registrado um aumento da abundância de *Scinax nasicus* na região de floresta afastada do rio em épocas de seca (Caballero-Gini et al., 2021). Isto sugere que esses anfíbios buscam abrigo contra a dessecação e temperatura baixa dentro da floresta. Ademais, pulsos e tempo de duração das chuvas podem ser mais

explicativos para as dinâmicas populacionais do que a precipitação diária acumulada, pois afetariam a atividade das espécies no momento da chuva (Walls; Barichivich; Brown, 2013). A precipitação também está relacionada com a abundância de diversos insetos, sendo mais abundantes nas épocas chuvosas (Wolda, 1988) e, portanto, podendo aumentar a disponibilidade de alimento para os anfíbios. Essa relação também é observada em relação à micropredação por mosquitos especialistas da família *Corethrellidae*, em que tanto a abundância dos anfíbios quanto dos mosquitos aumentou nas épocas chuvosas (Legett; Baranov; Bernal, 2018). A precipitação também influencia o fluxo de água no rio, prolongando o hidroperíodo e disponibilidade de água. Essa influência nos ambientes aquáticos reflete no comportamento reprodutivo, sobrevivência dos girinos, disponibilidade e qualidade de microhabitats (Sazima; Eterovick, 2000). Portanto, mesmo a precipitação não aparecendo no modelo escolhido, ela pode estar influenciando outros fatores como a escolha de habitat, disponibilidade de alimento e parasitismo, que podem refletir na dinâmica populacional da *B. poaju*. Infelizmente no presente trabalho não foi possível conseguir a informação do fluxo da água dos rios para as análises exploradas, porém, recomendamos novas pesquisas envolvendo esse fator para observar a sua influência no comportamento e história de vida da *B. poaju*.

Por fim, recomendamos que sejam feitas mais pesquisas com uma variação espacial maior, contemplando inclusive habitats fora do sítio reprodutivo da *B. poaju*. Além disso, replicar o experimento para adicionar novas variáveis explicativas, como fluxo do rio, duração da chuva e ocorrência de temporais, para o modelo pode refinar ainda mais a resposta da abundância perante os fatores ambientais.

4.1.2 Modelos de marcação-recaptura

Os valores de probabilidade de sobrevivência entre os períodos apresentaram uma dinâmica análoga a da abundância. A população parece ter uma mortalidade alta na passagem do verão para o outono, quando as temperaturas costumam diminuir. Mas logo no inverno essa mortalidade parece se estabilizar, mantendo a população com os valores acima de 50% de sobrevivência novamente. Essa dinâmica também é observada na estimativa do número de indivíduos na população, tendo seus momentos de declínio populacional na transição para o outono, mas a população logo volta a subir no inverno e atinge os maiores números na primavera e verão. Essa dinâmica ao longo prazo demonstra que a população de *B. poaju* está estável e crescendo.

Essa flutuação temporal demonstrada neste trabalho indica que o tamanho populacional flutua de forma natural, sendo modelado pelos fatores abióticos e bióticos do sistema (Pechmann; Wilbur, 1994). Mesmo assim, essa dinâmica pode ser perturbada e desequilibrada pelas mudanças climáticas e ações humanas. As estações frias e secas, por exemplo, podem estar associadas com a morte de indivíduos adultos pela quitridiomycose, aumentando a infecção pelo fungo *Bd* (Ruggeri et al., 2015). O mesmo estudo também registrou um declínio populacional decorrente do clima mais quente e seco do ano de 2008 na região. O aumento da frequência e intensidade das chuvas podem provocar vários distúrbios nos ambientes aquáticos (Walls; Barichivich; Brown, 2013). A inundação e enchentes, ocasionados por ciclones, pode afetar o sucesso do ninho e ocasionar a mortalidade de embriões em anfíbios (Hall, 2022). Chuvas intensas e aumento no nível dos rios são fenômenos recorrentes no ambiente amostrado. Mesmo as desovas de *B. poaju* sendo subaquáticas, elas ficam em uma profundidade rasa. Isso significa que o aumento repentino do nível da água pode afetar o desenvolvimento embrionário da espécie, causando uma maior mortalidade pela turbulência do fluxo da água. Além disso, as fortes enchentes e os destroços carregados por elas podem causar a morte de indivíduos, diminuir a vegetação ripária e modificar a cadeia trófica e a morfologia do rio (Cover; De La Fuente; Resh, 2010). Esses impactos intensificados pelas mudanças climáticas podem ocasionar um declínio populacional ao longo do tempo, devido a diminuição do recrutamento da espécie (Lowe, 2012). Os valores de probabilidade de sobrevivência entre os períodos apresentaram uma dinâmica análoga à da abundância. A população parece ter uma mortalidade alta na passagem do verão para o outono, quando as temperaturas costumam diminuir. Mas logo no inverno essa mortalidade parece se estabilizar, mantendo a população com os valores acima de 50% de sobrevivência novamente. Essa dinâmica também é observada na estimativa do número de indivíduos na população, tendo seus momentos de declínio populacional na transição para o outono, mas a população logo volta a subir no inverno e atinge os maiores números na primavera e verão. Ao longo, a população de *B. poaju* prazo demonstra estar estável e crescendo.

4.2 GIRINOS

O método de gaiolas *in-situ* vem sendo utilizada pelos pesquisadores, e auxilia na observação de diversas características. Tamanho da desova, desenvolvimento larval e sucesso de eclosão (Bardier; Maneyro; Toledo, 2020); resposta a presença

de predadores (Eterovick; Kloch; Figueredo et al. 2020); tempo de metamorfose e a frequência de deformidades em espécies de ambientes contaminados (Harris; Bishop; Mcdaniel, 2001). O tempo de desenvolvimento, o número de indivíduos eclodidos e o tamanho dos girinos foram parecidos entre as desovas. As desovas 2 e 3 foram afetadas por uma enchente durante um dos dias de observação. A gaiola da desova 2 e da desova 3 moveram do lugar que foram instaladas. Esse impacto nas desovas pode explicar o número relativamente menor de indivíduos nascidos em comparação com as outras quatro desovas analisadas. Tanto o tempo de desenvolvimento quanto o tamanho dos indivíduos não demonstraram valores discrepantes às outras desovas. A influência da utilização de uma gaiola nos processos de desenvolvimento dos embriões e girinos não é descartada. Portanto, novas pesquisas para aumentar as amostras de desovas são encorajadas. Assim, o viés das possíveis condições limitadas pelas gaiolas possa ser diluído com mais dados.

Uma característica dos girinos de *B. poaju* que pudemos observar, foi indivíduos de tamanhos e estágios de desenvolvimento diferentes, convivendo no mesmo espaço e tempo, e que raramente é avistado um metamorfo. Isso foi observado nos rios amostrados e em conjunto com a informação adquirida com a gaiola maior, nos leva a crer que a *B. poaju* não possui um período de desenvolvimento larval curto, nem uma reprodução explosiva. Além disso, apesar da frequência de adultos diminuir, foi possível encontrar indivíduos adultos o ano todo. Essa estrutura populacional também foi observada para *Boana pulchella*, outra espécie do grupo filogenético da *B. poaju*, a qual demonstrou períodos reprodutivos contínuos e girinos presentes quase o ano inteiro (Lajmanovich, 2000). Além disso, *B. pulchella* tem um período de desenvolvimento larval de mais ou menos sete meses (Maneyro; Francescoli, 2019). Logo, o longo período de desenvolvimento pode ser uma característica do grupo filogenético *Boana pulchella*.

Mesmo sendo um resultado observável em outra espécie, esse tempo de desenvolvimento levanta várias questões. Replicar esse experimento é necessário para confirmar se a *B. poaju* possui um período larval longo. Principalmente, incluindo as outras populações desta espécie, que estão localizadas em áreas com maior probabilidade de impacto antrópico, mas ainda não estudadas. A densidade de indivíduos, a disponibilidade de alimentos e a temperatura são três fatores importantes que regem o crescimento e o tempo de metamorfose dos anfíbios (Newman, 1998; Wilbur; Collins, 1973). O experimento com girinos de *B. pulchella* demonstrou uma

relação negativa do tamanho corporal e tempo de metamorfose conforme a densidade aumentava (Maneyro; Francescoli, 2019). Girinos de lagoas temporárias tendem a metamorfosear em tamanhos menores, devido à alta densidade e alto risco de predação (Indermaur et al., 2010). A taxa de crescimento e o tamanho na metamorfose foram maiores em densidades larvais baixas na espécie *Ambystoma texanum*, conseqüentemente o tempo de metamorfose também foi menor (PETRANKA; SIH, 1986). O mesmo estudo comparou a densidade entre o período com enchente e sem enchente. Devido à alta mortalidade de indivíduos recém eclodidos após a enchente, a densidade das larvas sobreviventes era muito baixa. Portanto o regime hídrico da região influenciou indiretamente na metamorfose dos indivíduos. O rápido crescimento das larvas também está associado ao aumento do *fitness* dos indivíduos, porque a metamorfose ocorre em tamanhos maiores e o indivíduo adulto pode chegar à maturidade sexual mais cedo, além de evitar predadores que preferem tamanhos específicos de presas (Wilbur, 1980).

Os meses de desenvolvimento larval na *B. poaju* podem indicar que elas possuem um crescimento lento. Em geral, períodos larvais prolongados são observados mais em girinos de ambiente aquáticos permanentes, que evitam o risco de predação acentuado nesses ambientes, passando menos tempo ativos e se alimentando (Skelly, 1997). É necessário relatar que no ambiente natural fora da gaiola, foram observados girinos não-metamorfos maiores do que o do experimento, possivelmente mais velhos, indicando que o desenvolvimento larval pode ser mais prolongado do que o registrado. Portanto, a sobrevivência dos girinos, densidade, disponibilidade de alimento, risco de predação e taxa de crescimento, são fatores que ainda precisam ser investigados para entender a extensão do período larval na *Boana poaju*. Por fim, consideramos que as gaiolas pequenas foram um sucesso para a amostragem do tempo de desenvolvimento embrionário e o número de indivíduos que eclodem por desova. A gaiola maior, apesar de ter sido derrubada pela enchente, teve um desempenho bem promissor e nos trouxe informações novas e relevantes para a espécie, como taxa de crescimento lento e período larval longo, além da sobrevivência dos indivíduos dentro da gaiola.

5 CONCLUSÃO

O nosso trabalho traz novos resultados que completam o conhecimento das dinâmicas populacionais e história natural de uma população de *Boana poaju*, dentro da unidade de conservação Parque Estadual da Serra do Tabuleiro. A população amostrada apresentou uma dinâmica sazonal na abundância e no número estimado de indivíduos, diminuindo os dois parâmetros nos meses mais frios, mas mantendo relativamente constante os tamanhos entre as estações. Interpretamos a população com flutuações naturais e com o tamanho populacional crescente, o que demonstra que pelo menos nesta escala a unidade de conservação está cumprindo o papel de proteger e manter esta população estável. Os experimentos com girino trouxeram resultados inéditos acerca do desenvolvimento embrionário e larval da espécie, sendo o primeiro trabalho a quantificar quantos indivíduos nascem e o tamanho dos recém-nascidos. Devido a esses resultados e a observações na área de estudo, acreditamos que a *B. poaju* possui um período larval prolongado, o que é comum em espécies de riacho.

As estações do ano amostradas tiveram uma distribuição desigual no número de campanhas, muito devido a pandemia do COVID-19 e a temporais que impossibilitaram os campos. Apesar disso, todas as estações foram amostradas. Como não conseguimos analisar todos os fatores ambientais importantes para a espécie, novas pesquisas sobre a população são encorajadas, principalmente se incluírem outras populações que podem estar em áreas com maior grau de impacto antrópico (Figura 1). Logo, compreendemos que é importante investigar mais a fundo a influência de fatores como o nível da água do rio, temporais e presença de predadores no comportamento, na utilização de micro-habitat, no tempo de reprodução e nos demais parâmetros populacionais que não foram investigados neste trabalho.

REFERÊNCIAS

BASTOS, Rogério Pereira; MARTINS, Marcio Roberto; GUIDORIZZI, Carlos Eduardo; ANDRADE, Sheila Pereira de; BATAUS, Yeda Soares de Lucena; GUIMARÃES JÚNIOR, Robson Vieira; ANDRADE, Gilda Vasconcellos de; ÁVILA, Robson Waldemar; COLOMBO, Patrick; DIAS, Iuri Ribeiro. Ficha de *Boana poaju*. **Datasets - Sistema Salve - Icmbio**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 1-7, 7 jun. 2023. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICBBio. <http://dx.doi.org/10.37002/salve.ficha.16198.2>.

BATES, Douglas; MAECHLER, Martin; BOLKER, Ben; WALKER, Steve. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*. 2015. 67(1). p. 1-48. doi:10.18637/jss.v067.i01.

BECKER, C. G.; ZAMUDIO, K. R. Tropical amphibian populations experience higher disease risk in natural habitats. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 108, n. 24, p. 9893–9898, 14 jun. 2011.

BERVEN, K. A. The Genetic Basis Of Altitudinal Variation In The Wood Frog *Rana Sylvatica* . I. An Experimental Analysis Of Life History Traits. *Evolution*, v. 36, n. 5, p. 962–983, set. 1982.

BLAUSTEIN, A. R. et al. Amphibian Breeding and Climate Change. *Conservation Biology*, v. 15, n. 6, p. 1804–1809, 14 dez. 2001.

BRADFIELD, Kay S.; TAPLEY, Benjamin; JOHNSON, Kevin. Amphibians and conservation breeding programmes: how do we determine who should be on the ark?. **Biodiversity And Conservation**, [S.L.], v. 32, n. 3, p. 885-898, 22 dez. 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-022-02524-4>.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação de Biodiversidade/ ICMBio. Portaria Nº 350, de 23 de julho de 2019. Aprova o 2º Ciclo do Plano de Ação Nacional para Conservação de Répteis e Anfíbios Ameaçados da Região Sul do Brasil - PAN Herpetofauna do Sul, contemplando 21 táxons ameaçados de extinção, estabelecendo seu objetivo geral, objetivos específicos, espécies contempladas, prazo de execução, formas de implementação, supervisão, revisão e institui o Grupo de Assessoramento Técnico. Processo SEI nº 02071.000040/2018-81. Diário Oficial da União, 23 jul. 2019. p. 47.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação de Biodiversidade/ ICMBio. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume I. 1 ed. 2018. 492 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação de Biodiversidade/ ICMBio. Guia para gestão de planos de ação nacional para a conservação das espécies ameaçadas de extinção: pan - elabore - monitore :: avalie. Brasília: Governo Federal, 2018.

CABALLERO-GINI, A. et al. Seasonal Habitat Preferences and Response to Water Quality Parameters of Tree Frog Species in a Neotropical Wetland. *Wetlands*, v. 41, n. 5, p. 63, jun. 2021.

CARPANEZZI, F. B. Estado De Santa Catarina. 2011.

COLLINS, J. Amphibian decline and extinction: What we know and what we need to learn. *Diseases of Aquatic Organisms*, v. 92, n. 3, p. 93–99, 25 nov. 2010.

CORN, P. S., 2005. Climate change and amphibians. *Animal Biodiversity and Conservation*, 28.1: 59–67.

- COVER, M. R.; DE LA FUENTE, J. A.; RESH, V. H. Catastrophic disturbances in headwater streams: the long-term ecological effects of debris flows and debris floods in the Klamath Mountains, northern California. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 67, n. 10, p. 1596–1610, out. 2010.
- CUSHMAN, S. A. Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: A review and prospectus. *Biological Conservation*, v. 128, n. 2, p. 231–240, mar. 2006.
- DICKINSON, M. G. et al. Separating sensitivity from exposure in assessing extinction risk from climate change. *Scientific Reports*, v. 4, n. 1, p. 6898, 4 nov. 2014.
- FICETOLA, G. F.; MAIORANO, L. Contrasting effects of temperature and precipitation change on amphibian phenology, abundance and performance. *Oecologia*, v. 181, n. 3, p. 683–693, jul. 2016.
- GARCIA, P. C. A.; PEIXOTO, O. L.; HADDAD, C. F. B. A new species of *Hypsiboas* (Anura: Hylidae) from the atlantic forest of Santa Catarina, southern Brazil, with comments on its conservation status. *South American Journal of Herpetology*, v. 3, n. 1, p. 27–35, abr. 2008.
- GIARETTA, A. A. et al. Diversity and Abundance of Litter Frogs in a Montane Forest of Southeastern Brazil: Seasonal and Altitudinal Changes 1. *Biotropica*, v. 31, n. 4, p. 669–674, dez. 1999.
- GOSNER, K. L. A Simplified Table for Staging Anuran Embryos and Larvae with Notes on Identification. *Herpetologica*, [s. l.], v. 16, n. 3, p. 183–190, 1960.
- HALL, J. M. Rains From Successive Hurricanes Reduce Nesting Success of the Marbled Salamander (*Ambystoma opacum*). *Herpetological Conservation and Biology*, 2022.
- INDERMAUR, L. et al. Spatial variation in abiotic and biotic factors in a floodplain determine anuran body size and growth rate at metamorphosis. *Oecologia*, v. 163, n. 3, p. 637–649, jul. 2010.
- Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina/ IMA. Elaboração do Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro. Curitiba. dez. 2018.
- IUCN. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN. 2012, 2° edição. p. 33.
- LAAKE, J.L. RMark: An R Interface for Analysis of Capture-Recapture Data with MARK. AFSC Processed Rep. 2013. p. 25.
- LAJMANOVICH, R. C. Interpretación Ecológica De Una Comunidad Larvaria De Anfíbios Anuros. v. 25, 2000.
- LAWLER, Joshua J.; SHAFER, Sarah L.; WHITE, Denis; KAREIVA, Peter; MAURER, Edwin P.; BLAUSTEIN, Andrew R.; BARTLEIN, Patrick J. Projected climate-induced

faunal change in the Western Hemisphere. *Ecology*, [S.L.], v. 90, n. 3, p. 588-597, mar. 2009. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1890/08-0823.1>

LEGETT, H. D.; BARANOV, V. A.; BERNAL, X. E. Seasonal variation in abundance and diversity of eavesdropping frog-biting midges (Diptera, Corethrellidae) in a neotropical rainforest. *Ecological Entomology*, v. 43, n. 2, p. 226–233, abr. 2018.

LIPS, K. R. et al. Emerging infectious disease and the loss of biodiversity in a Neotropical amphibian community. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 103, n. 9, p. 3165–3170, 28 fev. 2006.

LOWE, W. H. Climate change is linked to long-term decline in a stream salamander. *Biological Conservation*, v. 145, n. 1, p. 48–53, jan. 2012.

LUEDTKE, J. A. et al. Ongoing declines for the world's amphibians in the face of emerging threats. *Nature*, v. 622, n. 7982, p. 308–314, 12 out. 2023.

KAISER, K., et al. (2009). Use of visual implant alpha (VIA) fluorescent tags in a small hylid frog with a new technique for application. *Herpetological Review*, Vol. 40, p 421-422.

KENDALL, W. L. The 'robust design'. *Program MARK: a gentle introduction*, p.48-49, 2012.

KLEIN, R. M. (1981). Fitofisionomia, importância e recursos da vegetação do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro. *Sellowia; anais botânicos do herbário Barbosa Rodrigues*. Itajaí, Volume 33. Pp 5-54.

KUTNER, Michael H.; NETER, John; , Nachtsheim, Christopher J.; Wasserman, William. *Applied Linear Statistical Models*. IRWIN, The McGraw-Hill Companies, Inc., 1996.

MANEYRO, R.; FRANCESCOLO, G. Experimental response to density levels in the development of tadpoles and froglets of *Boana pulchella* (anura: hylidae). *Boletín de la Sociedad Zoológica del Uruguay*, v. 28, n. 2, 26 dez. 2019.

MICHAELS, C. J.; GINI, B. F.; PREZIOSI, R. F. The importance of natural history and species-specific approaches in amphibian ex-situ conservation. [s.d.].

NEWMAN, R. A. Ecological constraints on amphibian metamorphosis: interactions of temperature and larval density with responses to changing food level. *Oecologia*, v. 115, n. 1–2, p. 9–16, 8 jun. 1998.

OLIVEIRA, J. C. F. et al. Environmental humidity and leaf-litter depth affecting ecological parameters of a leaf-litter frog community in an Atlantic Rainforest area. *Journal of Natural History*, v. 47, n. 31–32, p. 2115–2124, ago. 2013.

PECHMANN, J. H. K.; WILBUR, H. M. *Putting Declining Amphibian Populations in Perspective: Natural Fluctuations and Human Impacts*. 1994.

PETRANKA, J. W.; SIH, A. Environmental Instability, Competition, and Density-Dependent Growth and Survivorship of a Stream-Dwelling Salamander. *Ecology*, v. 67, n. 3, p. 729–736, jun. 1986.

POLLOCK, K. H. A capture-recapture design robust to unequal probability of capture. *Journal of Wildlife Management*, v.46, n.3, p.752-757, 1982.

R Core Team. *_R: A Language and Environment for Statistical Computing_*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna. Austria. 2023. <<https://www.R-project.org/>>.

Ricklefs, R. & Relyea, R. 2018. *A economia da natureza*. 7ªed, Rio De Janeiro: Guanabara Koogan, 606p

RUGGERI, J. et al. Seasonal Variation in Population Abundance and Chytrid Infection in Stream-Dwelling Frogs of the Brazilian Atlantic Forest. *PLOS ONE*, v. 10, n. 7, p. e0130554, 10 jul. 2015.

SAZIMA, I.; ETEROVICK, P. C. Structure of an anuran community in a montane meadow in southeastern Brazil: effects of seasonality, habitat, and predation. *Amphibia-Reptilia*, v. 21, n. 4, p. 439–461, 2000.

SEEBACHER, F.; ALFORD, R. A. Movement and Microhabitat Use of a Terrestrial Amphibian (*Bufo marinus*) on a Tropical Island: Seasonal Variation and Environmental Correlates. *Journal of Herpetology*, v. 33, n. 2, p. 208, jun. 1999.

SEMLITSCH, R. D. et al. Structure and Dynamics of an Amphibian Community. *Em: Long-Term Studies of Vertebrate Communities*. [s.l.] Elsevier, 1996. p. 217–248.

SKELLY, D. Tadpole Communities: Pond permanence and predation are powerful forces shaping the structure of tadpole communities. 1997.

SCHNEIDER, C. A., RASBAND, W. S., ELICEIRI, K. W. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*, 9(7), 671–675. 28 jun. 2012. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/nmeth.2089>.

STUART, S. N. et al. Status and Trends of Amphibian Declines and Extinctions Worldwide. *Science*, v. 306, n. 5702, p. 1783–1786, 3 dez. 2004.

STERRETT, Sean C.; KATZ, Rachel A.; BRAND, Adrienne B.; FIELDS, William R.; DIETRICH, Andrew E.; HOCKING, Daniel J.; FOREMAN, Tasha M.; WIEWEL, Amber N.M.; GRANT, Evan H. Campbell. Proactive management of amphibians: challenges and opportunities. **Biological Conservation**, [S.L.], v. 236, p. 404-410, ago. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2019.05.057>.

SSC, Amphibian Specialist Group Iucn. Draft for Open Consultation. The Amphibian Conservation Action Plan (ACAP): a status review and roadmap for global amphibian conservation.. Iucn Ssc Amphibian Specialist Group, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 1-793, 17 jul. 2022. California Digital Library (CDL). <http://dx.doi.org/10.32942/osf.io/brfas>.

TOFT, C. A. Seasonal variation in populations of panamanian litter frogs and their prey: A comparison of wetter and drier sites. *Oecologia*, v. 47, n. 1, p. 34–38, 1980.

TOLEDO, Luís Felipe; RUGGERI, Joice; CAMPOS, Leonardo Leite Ferraz de; MARTINS, Marcio; NECKEL-OLIVEIRA, Selvino; BREVIGLIERI, Crasso Paulo Bosco. Midges not only sucks, but may carry lethal pathogens to wild amphibians. *Biotropica*, [S.L.], v. 53, n. 3, p. 722-725, 4 mar. 2021. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/btp.12928>.

VIEIRA DE ANDRADE, D. Temperature effects on the metabolism of amphibians and reptiles. Em: *Amphibian and Reptile Adaptations to the Environment*. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017. p. 155–188.

WALLS, S.; BARICHIVICH, W.; BROWN, M. Drought, Deluge and Declines: The Impact of Precipitation Extremes on Amphibians in a Changing Climate. *Biology*, v. 2, n. 1, p. 399–418, 11 mar. 2013.

WHITE, G.C.; BURNHAM, K. P. Program MARK: Survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* 46 Supplement. 1999. p. 120-138.

WICKHAM, H. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York, 2016.

WILBUR, H. M. Complex Life Cycles. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 11, n. 1, p. 67–93, nov. 1980.

WILBUR, H. M.; COLLINS, J. P. Ecological Aspects of Amphibian Metamorphosis: Nonnormal distributions of competitive ability reflect selection for facultative metamorphosis. *Science*, v. 182, n. 4119, p. 1305–1314, 28 dez. 1973.

WOLDA, H. *INSECT SEASONALITY: WHY?* 1988.