

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS – FCAV
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**A INFLUÊNCIA DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS SOBRE A BIOLOGIA
REPRODUTIVA DOS ANFÍBIOS ANUROS**

Júlia Brindolan Munhoz

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**A INFLUÊNCIA DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS SOBRE A BIOLOGIA REPRODUTIVA DOS
ANFÍBIOS ANUROS**

JÚLIA BRINDOLAN MUNHOZ

Orientador(a): Dra. Cynthia Peralta de Almeida Prado

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de
Jaboticabal, para obtenção do título de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Jaboticabal - SP
2º semestre/2025

M966i Munhoz, Júlia Brindolan
A influência das alterações climáticas sobre a biologia reprodutiva dos anfíbios anuros / Júlia Brindolan Munhoz. -- Jaboticabal, 2025
47 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientadora: Cynthia Peralta de Almeida Prado
1. Anuros. 2. Mudanças climáticas. 3. Anfíbios comportamento sexual. I. Título.

Júlia Brindolan Munhoz



A influência das alterações climáticas sobre a biologia reprodutiva dos anfíbios anuros

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Área de Concentração: Comportamento Animal e Biodiversidade

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Cynthia Peralta de Almeida Prado

Data da defesa: 26/08/2025

(X) Aprovado

() Reprovado

Banca Examinadora:

Prof^ª. Dr^ª. Cynthia Peralta de Almeida Prado

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Prof^ª. Dr^ª. Adriana Coletto Morales

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Prof. Dr. Davi Rodrigo Rossatto

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 26/08/2025

Prof. Dr. Fabrício Singaretti de Oliveira

Chefe do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal – FCAV, Unesp

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial à minha avó Juraci, que mesmo não estando mais aqui para presenciar esse momento final, sempre me apoiou e me ofereceu suporte em todas as minhas decisões.

À minha mãe Adriane, que forneceu o maior suporte emocional que pôde, mesmo com todas as dificuldades, com muito amor e gentileza, e me criou por todos esses anos, me guiando e apoiando as escolhas que me trouxeram onde estou hoje.

Ao Felipe, por todo o suporte, amor, carinho e compreensão direcionados a mim em todos esses anos de relacionamento. Por me ajudar a me reerguer nos momentos em que duvidei de mim mesma e me lembrar de que sou capaz.

Às minhas amigas de uma vida toda, Flávia, Nina, Isabela e Laura, por todo o apoio em todos esses anos, por dividirem seus conhecimentos comigo em conversas inspiradoras e filosóficas, mesmo que de áreas diferentes. E por sempre me lembrarem da importância de acreditar em si mesmo e de continuar tentando.

À professora Cynthia P. A. Prado, pois com toda a atenção me guiou neste processo final da graduação, mas que, ainda assim, representa só o início. Com suas aulas e compartilhamento de histórias de uma profissão tão linda, importante e necessária, apesar de muitas vezes laboriosa como a do biólogo, me inspirou a seguir o ramo da Herpetologia e a amar a profissão que me espera.

À Universidade Estadual Paulista – UNESP, por proporcionar conhecimento e apoio à produção científica.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
4.1 Temperatura e seu efeito sobre o padrão de vocalização em anuros	12
4.2 Influência das alterações climáticas sobre o período reprodutivo de anuros	15
4.3 Consequências das alterações climáticas sobre o desenvolvimento embrionário e larval dos anuros	16
4.4 Reversão sexual causada pelo aumento de temperatura em anuros	21
5. CONCLUSÃO	23
6. REFERÊNCIAS	24

Resumo

Os anfíbios, dentre eles o grupo dos anuros (sapos, rãs e pererecas), são animais ectotérmicos, que dependem da temperatura externa para regular a temperatura corporal. Além disso, possuem pele úmida, glandular, fina e permeável, sendo mais susceptíveis à perda de água por evaporação. O grupo depende grandemente da disponibilidade de água para reprodução, pois depositam ovos sem casca em locais úmidos ou na própria água. Por conta dessas características, é considerado o grupo de tetrápodes mais propenso a sofrer com as alterações ambientais advindas das mudanças climáticas. Atualmente, os anfíbios são considerados o grupo mais ameaçado de extinção dentre os animais, com 41% de suas espécies classificadas em categorias de ameaça da IUCN. Os anuros representam 88% das espécies de anfíbios do mundo e é a segunda ordem mais ameaçada dentro do clado. As mudanças climáticas são consideradas a segunda maior ameaça ao grupo, depois da perda de habitat, seguida por doenças, fogo, espécies invasoras e sobre exploração. É previsto para o século atual um aumento de 1,5°C na temperatura geral da Terra, o que vêm acompanhado de alterações climáticas, como aumento dos períodos de seca, de eventos de inundação e ondas de calor extremas. Tais eventos impactarão de formas diferentes os continentes e países, e com isso, anuros de diversas localidades poderão sofrer consequências, como declínio populacional e perda de diversidade. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi investigar as possíveis modificações na biologia reprodutiva dos anfíbios anuros causadas pelas alterações das condições ambientais resultantes das mudanças climáticas, por meio de revisão da literatura. Para isso, pesquisas relacionadas ao assunto foram realizadas em bases que reúnem artigos e trabalhos científicos, como Google Scholar, SciELO, PubMed e Web of Science, e os resultados são aqui apresentados. Com base nos trabalhos obtidos, os resultados foram divididos em quatro categorias: (1) efeitos sobre o padrão de vocalização; (2) período

reprodutivo; (3) desenvolvimento embrionário e larval; e (4) reversão sexual. As principais modificações na biologia reprodutiva dos anuros podem ser atrasos ou antecipações do período de atividade reprodutiva das espécies, incluindo comportamentos de vocalização, amplexo, oviposição, etc., alterações das características do canto e sua percepção, casos de reversão sexual causados pelo aumento de temperatura, e efeitos sobre o desenvolvimento embrionário e larval que podem aumentar a mortalidade, afetar a aptidão dos adultos, provocar deformidades, entre outras consequências. Concluimos que essas alterações na biologia dos anuros são preocupantes, pois podem afetar a dinâmica populacional das diferentes espécies, podendo resultar no declínio populacional e perda de diversidade. Mais estudos sobre as causas e consequências das alterações climáticas devem ser realizados, os quais poderão subsidiar ações que visem mitigar ou diminuir seus efeitos sobre as populações de anuros.

Abstract

Amphibians, including anurans (frogs, toads, and tree frogs), are ectothermic animals that depend on external temperatures to regulate their body temperature. Furthermore, they have moist, glandular, thin, and permeable skin, making them more susceptible to water loss through evaporation. This group relies heavily on water availability for reproduction, as they lay unprotected eggs in humid locations or in the water itself. Because of these characteristics, they are considered the tetrapod group most likely to suffer from environmental changes resulting from climate change. Currently, amphibians are considered the most endangered group of animals, with 41% of their species classified as threatened by the IUCN. Anurans represent 88% of the world's amphibian species and are the second most threatened within the clade. Climate change is considered the second greatest threat to the group, after habitat loss, followed by disease, fire, invasive species, and overexploitation. An increase of 1.5°C in the Earth's overall temperature is predicted for the current century, which will be accompanied by climate changes, such as increased periods of drought, flooding events, and extreme heat waves. These events will impact continents and countries differently, and as a result, anurans in different locations may suffer consequences, such as population decline and loss of diversity. Therefore, the objective of this study was to investigate possible changes in the reproductive biology of anuran amphibians caused by changes in environmental conditions resulting from climate change, using a literature review method. To this end, literature search related to the topic was conducted in databases that gather scientific articles and papers, such as Google Scholar, SciELO, PubMed, and Web of Science, and the results are presented here. Based on the studies obtained, the results were divided into four categories: (1) effects on vocalization patterns; (2) reproductive period; (3)

embryonic and larval development; and (4) sex reversal. The main changes in the reproductive biology of anurans may include delays or anticipations in the reproductive activity period of the species, including vocalization behaviors, amplexus, oviposition, etc.; changes in call characteristics and their perception; sex reversal caused by increased temperature; and effects on embryonic and larval development that may increase mortality, affect adult fitness, cause deformities, among other consequences. We conclude that these changes in anuran biology are concerning, as they may affect the population dynamics of different species, potentially resulting in population decline and loss of diversity. Further studies on the causes and consequences of climate change should be conducted, which could support actions aimed at mitigating or reducing its effects on anuran populations.

1. INTRODUÇÃO

Os anfíbios estão divididos em três ordens: Anura, Caudata e Gymnophiona (Wells, 2007). A ordem Anura é composta por animais de corpo curto, sem cauda e com membros posteriores desenvolvidos para o salto, sendo conhecidos como sapos, rãs e pererecas. A ordem Caudata é a ordem das salamandras, animais de corpo alongado, membros desenvolvidos e cauda longa. E, finalmente, a ordem Gymnophiona abriga as comumente conhecidas cobras-cegas ou cecílias. São animais de corpo alongado e semelhante às serpentes, com ausência de membros. Mesmo possuindo diferenças significativas de características entre um grupo e outro, algumas características são comuns a todos os membros da classe, unindo-os nesse clado (Wells, 2007). Anfíbios são animais ectotérmicos, ou seja, são incapazes de gerar o próprio calor corporal e sua temperatura e metabolismo variam de acordo com a temperatura ambiente (Wells, 2007). Possuem a pele úmida, glandular, altamente fina e permeável, com ausência de estruturas como penas, pelos e escamas, apesar das últimas ocorrerem em algumas cecílias (Duellman; Trueb, 1994). A pele é essencial para o processo de respiração e equilíbrio osmótico por permitir trocas gasosas e de água (Wells, 2007), porém, por ser permeável, há grande susceptibilidade de perda de água por evaporação. Os anfíbios dependem grandemente da disponibilidade de água para reprodução, mas possuem grande variedade de estratégias reprodutivas entre os grupos, adaptadas a diferentes ambientes e condições climáticas (Duellman; Trueb, 1994; Wells, 2007). Os ovos não são protegidos por uma casca dura, como de répteis e aves, o que aumenta a capacidade de troca de água com o ambiente (Wells, 2007). Por conta dessas características, dentre todos os grupos de tetrápodes, os anfíbios são mais propensos a sofrer com as alterações das condições ambientais (Duellman; Trueb, 1994) e, portanto, mais propensos a sofrerem declínio populacional em decorrência de alterações climáticas, por exemplo (Luedtke *et al.*, 2023).

Segundo a IUCN e pesquisadores colaboradores, por meio de um relatório que avaliou o *status* de conservação das espécies de anfíbios na GAA2 (Second Global Amphibian Assessment) realizada em 2022, no mundo existem aproximadamente 8011 espécies de anfíbios. Dessas, 7047 são pertencentes à ordem Anura, o que representa 88% do total de anfíbios do mundo, seguidas de 758 espécies na ordem Caudata (9%) e 206 na ordem Gymnophiona (3%). O Brasil possui a maior diversidade de anfíbios do mundo, 1164 espécies, e está entre os países com maior número de espécies ameaçadas, 189 espécies, ocupando o quarto lugar. Os primeiros países do ranking são Colômbia (301), Equador (291) e México (332), todos países latino americanos (Re:wild; Synchronicity Earth; IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2023). De acordo

com o relatório, os anfíbios são o grupo de vertebrados mais ameaçados do mundo, com 41% das espécies classificadas em categorias de risco na lista vermelha na IUCN. Esse número vem crescendo com o passar dos anos se comparado com a proporção de espécies ameaçadas em anos anteriores: 37,9% (2.681) em 1980 e 39,4% (2.788) em 2004 (Luedtke *et al.*, 2023). A ordem mais ameaçada é Caudata, que conta com 60% de suas espécies classificadas em algum grau de ameaça, seguida por Anura, com 39% das espécies ameaçadas e, finalmente, Gymnophiona com 16% das espécies ameaçadas. Porém, Gymnophiona também conta com 44% de suas espécies classificadas com DD (Dados Deficientes), o que significa que o número de espécies ameaçadas pode estar subestimado devido à falta de conhecimento sobre grande parte das espécies pertencentes ao grupo (Re:wild; Synchronicity Earth; IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2023).

As principais ameaças à sobrevivência do grupo são perda de hábitat, impactando 93% das espécies de anfíbios, seguida por mudanças climáticas (29%), doenças (22%), fogo (21%), espécies invasoras (14%) e sobre-exploração (9%) (Re:wild; Synchronicity Earth; IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2023). Segundo Luedtke e colaboradores (2023), um dos principais propulsores de deterioração de *status* nas categorias de ameaça da IUCN, ou seja, uma das principais causas de aumento da ameaça de extinção de algumas espécies, que podem passar a ser classificadas em categorias mais preocupantes como Criticamente em Perigo, Extinto na Natureza e Extinto, são as mudanças climáticas. Com o passar do tempo e intensificação dos efeitos das mudanças climáticas, espera-se que mais anfíbios possam ter o *status* deteriorado (Luedtke *et al.*, 2023). Segundo Allen e colaboradores (2018), em um relatório produzido em conjunto com o IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas), um aumento de 1,5°C na temperatura geral da Terra, comparado aos anos anteriores à Revolução Industrial, é previsto para o século atual, resultando em profundas alterações climáticas que impactarão os seres humanos e sistemas naturais. Possíveis alterações climáticas são aumento do período de seca, de eventos de inundação, e outros tipos de eventos climáticos extremos, assim como aumento do nível do mar. Hoegh-Guldberg e colaboradores (2018), em conjunto com o IPCC, previram que os continentes do hemisfério Norte, como América do Norte, parte central e sul da Europa, parte oeste e central da Ásia e sul da África terão o maior aumento nas temperaturas médias anuais, com grande redução no número de noites e dias frios. Nos trópicos, há previsão de ocorrência antecipada e generalizada de ondas de calor extremas (Hoegh-Guldberg *et al.*, 2018). As áreas projetadas com maior previsão de ocorrência de eventos de seca são o Mediterrâneo, a parte nordeste do Brasil e o sul da África (Hoegh-Guldberg *et al.*, 2018). Com previsões distintas de mudanças climáticas para diferentes regiões, as comunidades de anfíbios anuros residentes nessas diferentes localidades,

provavelmente, sofrerão diferentes estresses e terão respostas variadas, sendo uma delas o declínio populacional, levando à perda de biodiversidade.

De acordo com o exposto acima, o objetivo deste trabalho foi fazer uma revisão sobre as possíveis alterações na biologia reprodutiva dos anfíbios anuros provocadas pelas alterações das condições ambientais associadas às mudanças climáticas. Neste contexto, as populações de anuros podem estar sujeitas a alterações comportamentais e em sua fenologia, dado que são altamente influenciados pelas condições climáticas. Existem evidências de influência das condições ambientais sobre vários aspectos do comportamento reprodutivo dos anuros, como no ciclo reprodutivo (Duellman; Trueb, 1994), no início do período reprodutivo (Duellman; Trueb, 1994; Llusia *et al.*, 2013; Forti *et al.*, 2022), sobre o comportamento de vocalização (Schneider, 1977; Guimarães; Bastos, 2003; Llusia *et al.*, 2013), sobre o período de desenvolvimento larval (Duellman; Trueb, 1994), entre outros aspectos (Phuge, 2017; Lambert *et al.*, 2018; Lambert *et al.*, 2019; Mikó *et al.*, 2021), os quais serão abordados neste trabalho à luz das mudanças climáticas.

2. OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo fazer uma revisão sobre as possíveis modificações na biologia reprodutiva dos anfíbios anuros com relação às alterações das condições ambientais associadas às mudanças climáticas, assim como compreender as possíveis consequências sobre as dinâmicas populacionais dos anuros afetados, que podem levar ao declínio populacional.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizadas buscas em plataformas digitais, como Google Scholar, SciELO, PubMed e Web of Science, com as palavras-chave: “mudanças climáticas”, “comportamento reprodutivo” e “anfíbios anuros”, em língua portuguesa e em língua inglesa (“climatic changes”, “reproductive behaviour”, “amphibian anurans”). A partir disso, artigos, trabalhos acadêmicos (e.g., teses e dissertações), relatórios e livros, em um intervalo entre os anos de 1958 a 2024, foram selecionados quanto à pertinência de seu conteúdo em relação ao tema deste trabalho de revisão. Posteriormente, os trabalhos encontrados e selecionados, totalizando 125, foram classificados em quatro categorias, sendo elas: (1) padrão de vocalização, contando com 29 trabalhos; (2) período reprodutivo, com 18 trabalhos; (3) desenvolvimento embrionário e larval, com 41 trabalhos; e (4) reversão sexual, com 23 trabalhos. As categorias padrão de

vocalização e período reprodutivo compartilham dois trabalhos. A categoria desenvolvimento embrionário e larval compartilha cinco trabalhos com a categoria período reprodutivo, dois trabalhos com a categoria padrão de vocalização e um trabalho com a categoria reversão sexual. Após a leitura do material, as informações obtidas foram registradas na forma de resultados e discussão, também divididas nessas quatro categorias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Temperatura e seu efeito sobre o padrão de vocalização em anuros:

O padrão de atividade reprodutiva dos anfíbios anuros pode ser classificado em explosivo e prolongado (Wells, 1977), cada um apresentando características relacionadas ao comportamento de vocalização, busca por parceiras e territorialidade (Pike; White, 2022). A vocalização pode ser considerada a primeira fase do comportamento reprodutivo (Wells, 1977; Pike; White, 2022), pois é por meio dela que os machos de anuros atraem as fêmeas para um determinado sítio de acasalamento (Wells, 1977). Em espécies de reprodução explosiva, vários machos se adensam em uma determinada área por poucos dias, podendo adotar a vocalização ou a busca ativa para conseguir parceiras (Wells, 1977). A chegada de machos e fêmeas aos locais de reprodução é sincrônica e, muitas vezes, as fêmeas não tem oportunidade de escolha do macho, pois são agarradas devido ao pouco tempo disponível para reprodução. A reprodução explosiva é comum em espécies de deserto e de áreas com clima sazonal, onde as chuvas são imprevisíveis (Wells, 1977; Prado; Uetanabaro; Haddad, 2005). Em espécies de reprodução prolongada, os machos vocalizam e defendem territórios para canto e/ou oviposição, objetivando atrair as fêmeas para esse local, que por meio de atributos do canto, escolhem os machos (Haddad, 1987; Taylor; Buchanan; Doherty, 2007). Sabe-se que fatores abióticos são responsáveis por fornecer o gatilho que inicia o comportamento de vocalização (Schneider, 1977; Guimarães; Bastos, 2003; Llusia *et al.*, 2013), principalmente a temperatura e umidade do ar. Porém, a influência é espécie-específica, sendo que para algumas espécies de anuros o aumento de temperatura desencadeia o início do comportamento de vocalização dos machos (Schneider, 1977; Llusia *et al.*, 2013; Ospina *et al.*, 2013; Pike; White, 2022) e para outras é a queda de temperatura que desencadeia o início do comportamento (Ospina *et al.*, 2013; Bittar, 2019; Pike; White, 2022). Dessa forma, as consequências do aumento de temperatura previsto para os anos futuros serão diferentes para diferentes espécies. Por exemplo, Oliveira (2018) projetou um modelo de nicho acústico para o cenário futuro para a espécie *Scinax fuscomarginatus*. Atualmente, a atividade de vocalização se concentra durante os primeiros meses da estação chuvosa (outubro a janeiro) e tem pico de atividade durante a noite, às 00:00h. Segundo a previsão, ocorrerá uma alteração

no padrão de vocalização, passando a ocorrer nos últimos meses da estação chuvosa (janeiro a março), com pico durante a manhã, às 6:00h, demonstrando retardamento no período de atividade (Oliveira, 2018). Além disso, é prevista diminuição das áreas adequadas para reprodução da espécie, que se restringirá a uma área menor próxima às bordas do bioma Cerrado. Um cenário parecido foi previsto para as espécies *Physalaemus cuvieri* e *Barycholos ternetzi* em um estudo de previsão de nicho acústico (Bittar, 2019). Porém, nesse estudo, a espécie *P. cuvieri*, que pode vocalizar durante o período diurno em algumas situações, a previsão mostra redução total da atividade de vocalização nesse período devido ao aumento de temperatura exacerbado. Ainda assim, a amplitude térmica na qual a espécie pode realizar a atividade de vocalização é maior do que a amplitude térmica de *B. ternetzi*, indicando que, frente a um cenário de mudanças climáticas, a espécie *P. cuvieri* pode sofrer menos consequências negativas em relação a realização do comportamento reprodutivo do que *B. ternetzi* (Bittar, 2019).

A influência negativa do aumento de temperatura sobre o comportamento de vocalização pode favorecer o declínio de populações que têm como gatilhos para o início do comportamento a queda na temperatura, levando os machos a produzirem menos emissões de cantos e, conseqüentemente, menos eventos reprodutivos (Bittar, 2019). Anuros mais tolerantes ao aumento na temperatura, portanto, devem ser menos vulneráveis à mudança climática (Ospina *et al.*, 2013), ressaltando a importância de estudos específicos para compreendermos as possíveis consequências do aquecimento global para as diferentes espécies.

A vocalização tem papel essencial no reconhecimento intraespecífico dos indivíduos de uma população, tanto para o reconhecimento e atração das fêmeas pelos machos, quanto para as interações entre os machos (Duellman; Trueb, 1994). Com relação a esses fatores, estudos mostram que a temperatura e umidade do ar influenciam a percepção sonora dos cantos dos anfíbios pelos indivíduos da própria espécie ao alterarem parâmetros acústicos (Blair, 1958; Schneider, 1977; Castellano *et al.*, 2002; Rocha; Sluys, 2002; Guimarães; Bastos, 2003; Yamaguchi *et al.*, 2008; Rodriguez; de la Nuez; Alonso, 2010; Hatano; Morais *et al.*, 2012; Valetti; Martino, 2012; Vieira; Batista; Bastos, 2016; Ziegler; Arim; Bozinovic, 2016; Moser *et al.*, 2022; Figueiredo, 2023). O aumento da temperatura afeta, principalmente, parâmetros temporais da vocalização (Castellano *et al.*, 2002; Guimarães; Bastos, 2003; Ziegler; Arim; Bozinovic, 2016; Moser *et al.*, 2022; Figueiredo, 2023). Essas alterações podem diminuir, por exemplo, a duração da nota, número de notas, número de indivíduos vocalizando, intervalo entre notas (Schneider, 1977; Castellano *et al.*, 2002; Hatano; Rocha; Sluys, 2002; Lingnau; Bastos, 2007; Rodriguez; de la Nuez; Alonso, 2010; Morais *et al.*, 2012), como podem aumentar determinados parâmetros acústicos (Blair,

1958; Castellano *et al.*, 2002; Hatano; Rocha; Sluys, 2002; Yamaguchi *et al.*, 2008; Valetti; Martino, 2012; Vieira; Batista; Bastos, 2016; Figueiredo, 2023). Como os anfíbios anuros são animais ectotérmicos, a influência da temperatura sobre parâmetros acústicos temporais se deve, provavelmente, ao incremento na sua taxa metabólica (Prestwich, 1994; Rodriguez; de la Nuez; Alonso, 2010; Vieira; Batista; Bastos, 2016), amplificando a atividade do CPG (Central Pattern Generator) vocal no cérebro (Yamaguchi *et al.*, 2008). O CPG promove a contração dos músculos responsáveis pela movimentação da laringe, alterando as características dos sons produzidos pela passagem do ar no órgão (Schneider, 1977; Rodríguez; de la Nuez; Alonso, 2010; Valetti; Martino, 2012). Porém, o custo energético da vocalização aumenta com a taxa de canto (Prestwich, 1994; Bevier, 1997), e com o incremento metabólico causado pela alta temperatura, esse gasto pode ser maior, reduzindo a capacidade dos machos de vocalizar por longos períodos, o que pode explicar a relação negativa do incremento da temperatura e fatores como duração do canto e número de indivíduos vocalizando. Além disso, as mudanças climáticas podem provocar outras alterações na percepção sonora dos indivíduos ao causar, por exemplo, absorção sonora devido a alteração da temperatura e umidade do ar do ambiente, como acontece com alguns cantos de aves e ecolocalização de morcegos (Snell-Rood, 2012). Em um estudo comparando a absorção sonora em função da temperatura do ar para o bioma Mata Atlântica e o bioma Caatinga, foi previsto um aumento da absorção sonora da maioria dos cantos de anúncio das espécies de anuros testadas (N = 14) para ambos os biomas, porém, o bioma Caatinga possuindo valores maiores que o bioma Mata Atlântica, devido às temperaturas mais altas e umidade relativamente menor (Pizzo, 2022). Portanto, as mudanças climáticas podem afetar negativamente a propagação do som e alterar as características dos sinais acústicos necessários para o reconhecimento do parceiro, podendo afetar o sucesso reprodutivo e manutenção populacional (Pizzo, 2022). Ademais, machos de anfíbios residentes em habitats florestais degradados podem estar sujeitos a falha na comunicação reprodutiva devido à maior exposição a altas temperaturas, perda de água por evaporação e superaquecimento, o que provoca estresse fisiológico e pode levar a uma redução do tempo da atividade de vocalização, diminuindo, consequentemente, a atividade reprodutiva (Justicia; Fouilloux; Rojas, 2023).

4.2 Influência das alterações climáticas sobre o período reprodutivo de anuros:

O início do período reprodutivo dos anuros é desencadeado por fatores abióticos (Aichinger, 1987; Blaustein *et al.*, 2002; Prado; Uetanabaro; Haddad,

2005; Vaira, 2005; Richter-boix; Llorente; Montori, 2006; Kaefer *et al.*, 2012; Forti *et al.*, 2022). As espécies de anuros encontradas em ambientes de clima tropical e subtropical tem como principal gatilho para o início do período reprodutivo a precipitação, e são capazes de se reproduzir várias vezes ao ano. Já as espécies de anuros de clima temperado respondem a uma combinação de estímulos entre temperatura e precipitação, e os eventos reprodutivos são cíclicos, ocorrendo quase sempre no mesmo período do ano (Duellman; Trueb, 1994). Os anuros depositam seus ovos diretamente na água ou em locais úmidos, podendo ser solo úmido, vegetação acima da água, tocas subterrâneas, entre outros, onde os girinos irão se desenvolver (Prado; Uetanabaro; Haddad, 2005). Portanto, o período reprodutivo é relacionado com a disponibilidade de ambientes aquáticos (Aichinger, 1987; Jakob *et al.*, 2003). Assim, alterações no regime de chuvas podem impactar no início do período reprodutivo e sobrevivência da prole, pois determinam a disponibilidade de habitats para reprodução e o gatilho para muitas espécies de anfíbios iniciarem o comportamento de vocalização (Wassens *et al.*, 2013).

Como já apontado por diferentes estudos, as alterações climáticas podem causar mudanças nos períodos reprodutivos de muitas espécies de anuros. Existem evidências de antecipação do período reprodutivo de algumas espécies (Beebee, 1995; Wells, 2007; revisto em Yiming; Jeremy; Jason, 2013; Benard, 2014; Green, 2016) bem como de atraso do período reprodutivo em outras (Blaustein *et al.*, 2002; Arietta *et al.*, 2020). Isso indica que as alterações são espécie-específicas e, portanto, as consequências para as diferentes populações também são.

Sih e colaboradores (2011) propõem que os animais utilizam essas respostas dependentes das condições ambientais, como iniciar o comportamento reprodutivo após eventos de chuva, para sincronizar eventos como reprodução, forrageamento, entre outros, à condições ótimas para realizá-los. Porém, em cenários em que essas condições são alteradas, as respostas desencadeadas pelas condições ambientais, antes benéficas, podem passar a ser deletérias (Sih; Ferrari; Harris, 2011).

Alterações no início de eventos reprodutivos podem causar incompatibilidade temporal (Hale; Morrongiello; Swearer, 2016), no sentido de que o desenvolvimento dos ovos e larvas pode acontecer em um período em que as condições estejam pouco favoráveis, causando mortalidade ou outras consequências negativas ao desenvolvimento larval, influenciando a dinâmica populacional (Blaustein *et al.*, 2010), o que será discutido adiante.

4.3 Consequências das alterações climáticas sobre o desenvolvimento embrionário e larval dos anuros:

Como mencionado, a alteração do período reprodutivo em razão do aumento de temperatura pode ter consequências sobre o desenvolvimento embrionário e larval das espécies de anuros. Estudos indicam que temperaturas mais altas durante essas fases podem acelerar o desenvolvimento larval, diminuindo sua duração e o tamanho corporal do recém metamorfoseado (Alvarez; Nicieza, 2002; Wells, 2007; Phuge, 2017). Espécies que antecipam o período reprodutivo em decorrência de altas temperaturas durante a primavera, geralmente em clima temperado, podem sofrer alterações na taxa de desenvolvimento e crescimento embrionário e larval, com consequências para a sobrevivência pós metamorfose (Beebee, 1995). O tamanho corporal atingido durante a metamorfose também impacta o tamanho corporal atingido pelo adulto (Smith, 1987). Beck e Congnon (2000) encontraram que a massa alcançada após a metamorfose, ou seja, o tamanho corporal alcançado, influencia a performance do indivíduo posteriormente. Devido à relação entre massa durante a metamorfose e velocidade de locomoção e resistência individual, quanto maior a massa, maiores e melhores os atributos citados (Beck; Congnon, 2000). Dessa forma, a redução da massa e tamanho corporal do indivíduo anuro pós-metamórfico, em decorrência da aceleração do desenvolvimento, pode influenciar sua sobrevivência na fase adulta (Smith, 1987). Outro efeito do tamanho corporal diminuído é a redução da fecundidade das fêmeas, pois fêmeas menores produzem ninhadas menores (Tejedo, 1992; Bickford *et al.*, 2010; Benard, 2014), levando a uma redução no sucesso reprodutivo com consequências para a população.

Temperaturas mais altas durante o período de desenvolvimento larval também podem alterar o ambiente em que os ovos e larvas se desenvolvem. Por exemplo, Brooks (2004) relata sobre o uso de poças temporárias para reprodução por algumas espécies de anfíbios, como *Boreorana sylvatica*, popularmente conhecida como rã-da-floresta. O desenvolvimento de ovo até a metamorfose dura em torno de 2 a 4 meses, ocorrendo de abril a julho (primavera e verão). Mudanças no nível da água em ambientes de clima temperado são grandemente influenciadas pelas variáveis climáticas e fatores abióticos, como precipitação, derretimento da neve e evapotranspiração (Brooks, 2004, 2009). Caso ocorra a antecipação do período reprodutivo, o posterior desenvolvimento da prole se dará durante os meses com temperaturas mais altas, o que pode aumentar a taxa de evapotranspiração e diminuir a duração das poças temporárias (Brooks, 2004, 2009). A duração do hidroperíodo, ou seja, o período em que as poças estão cheias, é de suma importância, pois pode afetar o desenvolvimento larval, a sobrevivência e a performance dos indivíduos (Brooks, 2004). Hidroperíodos

reduzidos também podem afetar a taxa de desenvolvimento larval e a sobrevivência da prole de forma diferente dependendo da espécie (Denver; Mirhadi; Phillips, 1998; Lane; Mahony, 2002). Em Pearman (1995), a sobrevivência de duas espécies de anuros, *Pseudacris triseriata* e *Anaxyrus americanus*, foram testadas em relação a atributos abióticos das poças, a área total da poça e sua profundidade. *Pseudacris triseriata* sobreviveu melhor em poças menores e menos profundas, enquanto *A. americanus* em poças mais profundas. Além disso, a duração do período de desenvolvimento larval aumentou com a profundidade da poça, que permite aumento do hidroperíodo ao demorar mais para secar, assim como relatado por outros estudos (Denver; Mirhadi; Phillips, 1998; Lane; Mahony, 2002).

Além da sobrevivência, outros aspectos da história de vida das larvas, como o comportamento e a fisiologia, podem ser afetados por altas temperaturas e a consequente redução no volume de água. Denver e colaboradores (1998) relataram diminuição do forrageamento pelos girinos em poças com volume de água reduzido e sugeriram que a aceleração do desenvolvimento larval, nesse caso, poderia ser uma consequência da diminuição da locomoção e forrageamento decorrentes da diminuição do espaço para se mover. Lane e Mahony (2002), em um estudo sobre efeitos da redução do hidroperíodo de poças sobre uma espécie de rã australiana (*Crinia signifera*), propuseram que a diminuição da taxa de desenvolvimento dos girinos afetou a capacidade de locomoção, assim como relatado anteriormente (Beck; Congnon, 2000), afetando a capacidade de busca por alimento e, consequentemente, a sobrevivência da prole. Ainda, Gervasi e Foufopoulos (2002) encontraram que a resposta imune dos indivíduos anuros pós-metamorfose foi alterada de forma negativa pela dessecação precoce de poças temporárias. Dessa forma, a duração do período em que corpos d'água permanecem cheios influencia grandemente o desenvolvimento e sobrevivência da prole, podendo afetar a dinâmica populacional se a mortalidade ocorrer por períodos prolongados em anos consecutivos (Brooks, 2004; Bickford *et al.*, 2010; Blaustein *et al.*, 2010). Mais recentemente, um estudo sobre tolerância térmica e taxa metabólica em larvas da perereca *Bokermannohyla ibitiguara* em riachos no sudeste do Brasil mostrou que a performance fisiológica das larvas pode ficar comprometida com aumento da temperatura da água, sugerindo que a espécie é vulnerável às alterações climáticas (Longhini *et al.*, 2021).

Seguindo nessa linha, o aumento da temperatura e evapotranspiração pode diminuir a quantidade de poças temporárias disponíveis, tornando-as um recurso escasso (Donnelly; Crump, 1998; Brooks, 2009). Isso pode afetar espécies com períodos de desenvolvimento mais longos e menos flexíveis (Wassens *et al.*, 2013), levando a modificações na fenologia das espécies de anfíbios anuros. A

escassez de ambientes para reprodução e alteração da fenologia das espécies podem modificar as relações entre os componentes da comunidade, levando a um aumento das interações como competição, predação, entre outros. (Babbitt; Tanner, 2000; Brooks, 2009; Blaustein *et al.*, 2010). Um outro efeito da diminuição de habitats aquáticos disponíveis para reprodução e oviposição é o aumento da densidade de larvas de diferentes espécies de anfíbios e predadores aquáticos (e.g., peixes, invertebrados, etc). Alta densidade de larvas e predadores afeta a taxa de crescimento e a sobrevivência larval de forma negativa (Wilbur, 1897; Goater, 1994), o que, como descrito, afeta a performance e sobrevivência do indivíduo anuro durante a fase adulta (Wilbur, 1897; Goater, 1994). O aumento na densidade larval também pode aumentar a competição por recursos alimentares entre as espécies de anuros convivendo em um mesmo ambiente aquático (Donnelly; Crump, 1998; Blaustein *et al.*, 2010). Com a depleção de recursos alimentares pelos girinos de diferentes espécies sob condições de alta densidade, os casos de canibalismo podem aumentar (Seale, 1980; Rojas (2014), aumentando a taxa de mortalidade larval. Outro recurso importante para as larvas de anuros que pode ter sua disponibilidade diminuída pela alta densidade de organismos aquáticos é a concentração de oxigênio em poças (pO₂), com potenciais efeitos sobre o desenvolvimento (Mills; Barnhart, 1999). Ademais, larvas de anuros que estão sob hipóxia tendem a aumentar a taxa do comportamento de “engolir ar” ao subir à superfície, diminuindo o tempo para forragear, o que pode reduzir as taxas de crescimento e desenvolvimento (Blaustein *et al.*, 2010).

Com a redução de habitats temporários disponíveis para oviposição, espécies de anuros podem buscar cursos de água permanentes para se reproduzir. Porém, essas espécies podem não estar adaptadas à vida nesses locais. Woodward (1983) comparou a sobrevivência de algumas espécies de girinos se desenvolvendo em ambientes aquáticos efêmeros e temporários e em ambientes aquáticos permanentes. As espécies de girinos que usualmente se desenvolvem em habitats temporários e foram introduzidos em habitats permanentes tiveram mortalidade maior devido a alta taxa de predação, em comparação às espécies que usualmente se desenvolvem em ambientes permanentes. Foi constatada maior movimentação das espécies de girinos de habitats aquáticos temporários, indicando que essa pode ser a razão do aumento da taxa de predação sobre essas espécies (Woodward, 1983). Dessa forma, essa troca de habitats pode não ser benéfica para as espécies de anuros adaptadas a outros habitats aquáticos e condições durante o período de desenvolvimento larval (Woodward, 1983).

Ainda em relação aos recursos alimentares, com o aumento da temperatura, e consequentemente da temperatura da água, espera-se que a disponibilidade de

organismos autotróficos utilizados como recurso alimentar pelas larvas de anuros seja modificada (Blaustein *et al.*, 2010). As mudanças climáticas podem provocar aumento da produtividade primária em corpos d'água ao provocar alterações nas propriedades da água, concentração de oxigênio e aumentar a exposição do fitoplâncton à luz (Meyer, 1999). Muitas espécies utilizam organismos autotróficos, principalmente fitoplâncton, como fonte primária de alimentação, podendo ser beneficiadas por um aumento na produtividade primária. Porém, Altig, Whiles e Taylor (2007) obtiveram resultados diferentes para diferentes espécies. Por exemplo, para a rã-touro-americana (*Aquarana catesbeiana*) o crescimento foi diminuído ao ser alimentada com uma dieta predominantemente de organismos autotróficos. Dessa forma, embora algumas espécies de anuros que se alimentam de organismos autotróficos durante a fase larval possam se beneficiar da magnificação da produção primária pelas mudanças climáticas, outras espécies que não se alimentam desse recurso podem ser prejudicadas. A alteração da disponibilidade de outros recursos alimentares (e.g., invertebrados) pode levar a uma redução da energia alocada pelos adultos para reprodução, redução no tamanho, frequência e quantidade dos ovos produzidos pelas fêmeas, redução do tempo em que os adultos vocalizam e redução da taxa de nascimentos (Donnelly; Crump, 1998), prejudicando o crescimento populacional.

Eventos prolongados de seca têm causado mortalidade de diversas espécies de árvores que compõem ecossistemas florestais, o que consequentemente causa alteração na composição de espécies da comunidade, podendo ter consequências na composição de microhabitats florestais (Kloeppel *et al.*, 2003). Uma das consequências dessa alteração é o aumento do número de clareiras, levando ao aumento da exposição a altas temperaturas, diminuição da umidade e aumento da incidência de raios UV-B (Kloeppel *et al.*, 2003). Alguns dos efeitos da incidência aumentada de raios UV-B incluem o aumento da mortalidade de anuros em fase larval (Hays *et al.*, 1996; Bancroft; Baker; Blaustein, 2008), diminuição do sucesso de nascimentos (Blaustein *et al.*, 1998), deformidades no estágio de metamorfo (Hays *et al.*, 1996; Romansic *et al.*, 2009), lesão na retina (Fite *et al.*, 1998) e diminuição da massa corporal ao final do desenvolvimento (Romansic *et al.*, 2009). Além dos efeitos deletérios provocados pela exposição aumentada a raios UV-B, estudos indicam efeitos sinérgicos entre UV-B e outros agentes, como contaminantes químicos, metais pesados, patógenos, alterações no pH, entre outros, que podem magnificar os efeitos já citados da exposição prolongada a raios UV-B (Blaustein *et al.*, 1998; Bancroft; Baker; Blaustein, 2008). A incidência aumentada de raios UV-B durante o desenvolvimento de anuros pode ser danoso, como visto acima. Porém, Merilä, Pakkala e Johanson (2000) analisaram a incidência de raios UV-B durante a época reprodutiva de espécies de anuros em duas localidades da Suécia, uma ao norte e outra ao sul. A maior incidência de raios UV-B é encontrada na localidade

ao norte, porém a época reprodutiva se dá posteriormente à época reprodutiva no sul. As altas temperaturas durante a primavera podem antecipar o período reprodutivo das espécies de anuros do norte, diminuindo a quantidade e frequência da incidência de raios UV-B a que os embriões e larvas dessas espécies estarão expostos durante seu desenvolvimento. Isso sugere um possível efeito benéfico das mudanças climáticas sobre as condições ambientais para essas espécies de anuros da Suécia (Merilä; Pakkala; Johanson, 2000).

Os anfíbios anuros exibem uma grande diversidade de comportamentos de cuidado parental de embriões e larvas (Schulte *et al.*, 2020). Com o aumento do risco de mortalidade da prole devido às alterações das condições ótimas para seu desenvolvimento, espécies que realizam cuidado parental podem aumentar a frequência desse comportamento e obterem vantagem na sobrevivência da prole em comparação com aquelas que não realizam esse comportamento (Donnelly; Crump, 1998; Delia; Ramírez-Bautista; Summers, 2013; Justicia; Fouilloux; Rojas, 2023). Por exemplo, nas rãs-de-vidro da família Centrolenidae, o cuidado parental aumenta as chances de sobrevivência da prole que, sob condições de baixa umidade e alta temperatura, poderiam morrer por dessecação (Delia; Ramírez-Bautista; Summers, 2013; Valencia-Aguilar *et al.*, 2020). Alguns dos comportamentos de cuidado com embriões e larvas incluem o macho posicionar o ventre sobre os embriões, de modo que umidificam a massa gelatinosa que os envolve, e o transporte dos girinos pelo macho para novas poças com nível de água adequado para finalizarem o desenvolvimento (Rocha; Lima; Kaefer, 2021). Porém, com o aumento da frequência em que os pais terão que promover cuidado aos embriões e larvas em um cenário de mudanças climáticas, a energia e tempo que seriam utilizados para realizar outras atividades importantes, como forrageamento e acasalamento, tendem a diminuir (Justicia; Fouilloux; Rojas, 2023). Desta forma, a relação entre investimento em cuidado parental vs. investimento em manutenção e sobrevivência torna-se conflituosa, e assim os adultos de anuros podem reduzir o esforço de cuidado parental, ou simplesmente abandonar a prole. Além disso, estratégias alternativas de cuidado parental podem ser favorecidas, como cuidado biparental e monogamia, devido ao aumento da demanda energética para realizar atividades, como cuidado dos ovos e defesa territorial, causada pela severidade das condições ambientais (Justicia; Fouilloux; Rojas, 2023).

Em vista das previsões citadas, compreende-se que a alteração da fenologia reprodutiva das espécies de anuros, decorrentes da alteração das condições ambientais advindas das mudanças climáticas, pode influenciar de maneira diferente o sucesso reprodutivo das diferentes espécies, de acordo com as consequências sobre o desenvolvimento embrionário e larval. Desta forma,

estudos mais específicos são necessários para cada espécie, de forma que as consequências à dinâmica populacional sejam avaliadas.

4.4 Reversão sexual causada pelo aumento de temperatura em anuros:

Existem evidências de que o aumento de temperatura pode provocar reversão sexual em anfíbios anuros, tanto causando reversão de indivíduos geneticamente machos que se tornam fenotipicamente fêmeas (Lambert *et al.*, 2019), quanto indivíduos geneticamente fêmeas que se tornam fenotipicamente machos (Witschi, 1929; Phuge, 2017; Lambert *et al.*, 2018; Lambert *et al.*, 2019; Mikó *et al.*, 2021; Ujszéji *et al.*, 2022).

Em outros grupos de animais ectotérmicos, a determinação sexual é conhecida por ser somente dependente das condições ambientais, conhecida como Determinação Sexual Dependente de Temperatura (TSD do inglês "Temperature-Dependent Sex Determination"), que ocorre em algumas espécies de peixes (Conover, 2004) e répteis (Lang; Andrews, 1994; Mitchell; Janzen, 2010). Em anfíbios, pensava-se que a determinação sexual tinha base estritamente ambiental (Ohno, 1967). Porém, sob a luz de novos estudos, descobriu-se que a determinação sexual em anfíbios anuros pode ser estabelecida por uma combinação de base genética - Determinação Sexual Genética (GSD do inglês "Genetic Sex Determination") - e influências ambientais extremas que causam respostas aberrantes (Valenzuela; Adams; Janzen, 2003; Lambert *et al.*, 2019; Schwanz *et al.*, 2020), sendo que o fator temperatura pode ser o maior causador de reversão sexual nesses organismos em detrimento de outros fatores (Eggert, 2004; Schwanz *et al.*, 2020; Mikó *et al.* 2021).

Acredita-se que alguns fatores genéticos sob a influência de fatores ambientais, como a temperatura, podem provocar o processo de reversão sexual. Por exemplo, o gene *cyp19*, responsável pela decodificação da enzima aromatase, que converte androgênios em estrogênios, tem sua maior expressão no tecido ovariano feminino, indicando que é responsável pela diferenciação gonadal feminina nas espécies *Boreorana sylvatica* e *Xenopus tropicalis* (Navarro-Martín *et al.*, 2012), assim como ocorre para outras espécies de anfíbios, como na salamandra *Pleurodeles waltl* (Chardard *et al.*, 2004), e répteis (Smith *et al.*, 1995; Kohdnapur *et al.*, 2020). Foi proposto que, sob condição de altas temperaturas, a atividade da enzima é inibida, como ocorre em *P. waltl*, de modo que sua atividade pode se reduzir nas gônadas, causando reversão sexual em fêmeas (Chardard *et al.*, 2004; Lambert *et al.*, 2018). Em condições normais de temperatura, foi sugerido que os cromossomos sexuais dos anfíbios são responsáveis pela regulação da atividade da aromatase, sendo que o cromossomo Y codifica um fator responsável pela inibição da síntese da

aromatase, e o cromossomo W codifica um fator responsável pela ativação da síntese da enzima. Porém, sob condições de extrema temperatura, essas respostas genéticas poderiam ser prejudicadas (Chardard *et al.*, 2004). O mesmo pode ocorrer com relação a função de genes ligados a diferenciação do tecido gonadal, como *Dmrt1* (diferenciação testicular), *SF1* (expressão maior nos ovários), sendo que este último está ligado à expressão da enzima aromatase (revisto em Eggert, 2004). Porém, é dito que o efeito da temperatura pode ser limitado a um período sensível durante o desenvolvimento larval (Chardard *et al.*, 2004; Eggert, 2004; Phuge, 2017; Mikó *et al.*, 2021), sendo que as gônadas iniciam seu desenvolvimento anteriormente ao processo de metamorfose. No entanto, é durante esse período que as gônadas passam por diferenciação (Eggert, 2004), portanto, mudanças nas condições ambientais durante esse período podem alterar a diferenciação das mesmas. Ainda assim, alguns registros demonstram mudanças nas gônadas após o período de metamorfose (Eggert, 2004), o que implica a necessidade de estudos a cerca de uma possível reversão do processo de reversão sexual na fase adulta e implicações para o indivíduo e a dinâmica populacional.

Em anfíbios existem duas formas de GSD. Heterogametia masculina (XX/XY) e heterogametia feminina (ZZ/ZW) (Chardard *et al.*, 2004). Os efeitos da reversão sexual sobre a razão sexual populacional podem ser diferentes em populações com diferentes formas de GSD (Bókony *et al.*, 2017). Segundo alguns modelos, em casos em que altas temperaturas provocam masculinização de fêmeas, os efeitos da razão sexual alterada (mais machos) podem ser atenuados com o passar do tempo em populações com GSD XX/XY, pois do acasalamento de fêmeas (XX) e machos revertidos (XX) obtém-se uma prole 100% feminina (XX), aumentando a razão de fêmeas. Já populações com GSD (ZZ/ZW), do acasalamento de fêmeas (ZW) com machos revertidos (ZW) obtém-se 25% de indivíduos machos (ZZ), diminuindo a capacidade de compensação da razão sexual desproporcionalmente masculina (Bókony *et al.*, 2017; Wedekind, 2017). Além disso, em geral, o genótipo WW, advindo do último tipo de cruzamento citado, produz fêmeas e é muitas vezes deletério, o que indica mortalidade dos Anuros que o possuírem e, dessa forma, aumenta a proporção de machos resultantes do cruzamento de 25% para 33% pois uma parte dos indivíduos Anuros fêmeas que surgiriam do cruzamento não sobrevivem (Bókony *et al.*, 2017). Esse cenário se amplifica sob condições nas quais as fêmeas ou machos normais da população possam formas de reconhecer os indivíduos revertidos e tenham tendência de escolhê-los para se acasalar em detrimento dos indivíduos normais, podendo influenciar o sexo da prole e a razão sexual populacional (Nemesházi; Kövér; Bókony, 2021). Em algumas espécies, como *Armadillidium vulgare*, um isópode terrestre, o macho consegue reconhecer a fêmea revertida,

provavelmente devido à secreção diferencial de feromônios, ou alteração dos comportamentos sexuais (Moreau *et al.*, 2001).

Foi previsto que, com o passar do tempo e aumento do acasalamento com indivíduos revertidos, a constituição genética da população pode ser alterada, aumentando o número de genótipos aberrantes como WW e YY, e extinção de certos cromossomos sexuais. Além disso, podem ocorrer transições entre os mecanismos de determinação sexual, de GSD para TSD, ou mesmo de um sistema de heterogametia feminina (ZZ/ZW) para heterogametia masculina (XX/XY) (Cotton; Wedekind, 2008; Quinn *et al.*, 2011; Schwanz *et al.*, 2020; Nemesházi; Kövér; Bókony, 2021). Cotton e Wedekind (2008), ao compararem o crescimento populacional de espécies de anuros em relação ao aumento da feminização ou masculinização na população, constataram o maior crescimento populacional em casos onde há um número significativo de fêmeas férteis (feminização populacional e fêmeas com bom fitness) e machos que podem se acasalar de fato. O contrário acontece em cenários de masculinização populacional (reversão sexual de fêmeas genótípicas), devido ao decréscimo no número de fêmeas e consequente diminuição de acasalamentos (Cotton; Wedekind, 2008; Wedekind, 2017). As grandes mudanças na composição genética da população e transições entre sistemas de determinação sexual previstos se suavizam caso exista variação na sensibilidade térmica para que ocorra a reversão sexual. Por exemplo, anuros com menor sensibilidade à temperatura provavelmente não passarão por reversão sexual, diminuindo a incidência de reversão sexual na população e mantendo a razão sexual mais ou menos constante (Schwanz *et al.*, 2020). O aumento dos casos de reversão sexual pode ser preocupante, pois pode causar impactos na razão sexual da população, perda da diversidade genética e potencial adaptativo ao alterar a dinâmica populacional, podendo provocar seu declínio (Witschi, 1929; Cotton; Wedekind, 2008; Bókony *et al.*, 2017; Wedekind, 2017; Lambert *et al.*, 2018; Mikó *et al.*, 2021; Nemesházi; Kövér; Bókony, 2021). Em vista desses fatores, pesquisas devem ser realizadas visando compreender os possíveis impactos negativos das alterações na composição genética das populações que podem ser causadas pelo aumento dos casos de reversão sexual nos anfíbios, buscando mitigá-los ou, possivelmente, controlá-los e assim evitar declínios populacionais futuros. Ademais, como a nível de indivíduo, a reversão sexual pode causar redução na sobrevivência, desenvolvimento lento, menor massa corporal durante a metamorfose e menor massa de gordura em juvenis, com potencial redução do fitness e fertilidade (Mikó *et al.*, 2021), propõe-se a realização de estudos acerca da fertilidade de indivíduos revertidos e como podem afetar as dinâmicas populacionais de suas espécies.

5. CONCLUSÃO

Em vista do que foi discutido acima, fica claro que as alterações ambientais provocadas pelas mudanças climáticas tem potencial de impactar diferentes aspectos da biologia reprodutiva dos anfíbios anuros. Dentre as principais consequências das mudanças climáticas para a biologia dos anuros, podemos citar a redução ou alteração do período de vocalização, relacionadas às mudanças nas condições que desencadeiam o comportamento e/ou nas condições mais ideais para que ocorram. Os parâmetros acústicos dos cantos das espécies também podem ser alterados, ou em suas características temporais ou em sua propagação, afetando a comunicação intraespecífica. Outra consequência importante relacionada ao aumento da temperatura é o incremento da taxa metabólica dos anuros, podendo levar a uma diminuição do tempo gasto em atividades reprodutivas pelo aumento da demanda energética associada. Além de impactos sobre a fenologia e características das vocalizações, as alterações das condições ambientais podem afetar negativamente o desenvolvimento embrionário e larval, bem como o comportamento de cuidado parental exercido por algumas espécies. Dentre as consequências negativas para a prole temos o aumento da mortalidade ou deformidades, ou ainda alteração do tamanho corporal dos indivíduos pós-metamórficos, comprometendo o *fitness* dos adultos. Alterações na temperatura ambiente também podem modificar a proporção de machos e fêmeas nas populações, na medida em que podem afetar os sistemas genéticos de determinação sexual. Em relação aos processos ecológicos, o aumento da temperatura pode levar a diminuição da disponibilidade de ambientes aquáticos necessários para a reprodução de anuros, que, por sua vez, pode aumentar a competição e a predação, muitas vezes devido ao aumento da densidade larval nos poucos habitats disponíveis. Todos esses efeitos combinados podem impactar a dinâmica populacional das espécies, resultando em extinções e perda de diversidade em diferentes locais, ampliando ainda mais o declínio já experienciado pelas espécies de anfíbios anuros atuais.

Dentre as categorias de temas explorados neste estudo, a que se destacou com maior número de estudos foi aquela relativa ao desenvolvimento embrionário e larval, contando com 41 trabalhos, enquanto que para as demais categorias foram obtidos, aproximadamente, o mesmo número de estudos, em torno de 20. Este resultado sugere a necessidade de mais estudos enfocando diferentes aspectos da biologia reprodutiva de anuros, visando levantar subsídios para ações de mitigação ou redução dos efeitos das mudanças climáticas e preservação das espécies.

6. REFERÊNCIAS

AICHINGER, M. Annual activity patterns of anurans in a seasonal neotropical environment. **Oecologia, Berlim**, v. 71, p. 583-592, 1987.

Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00379302>

Acesso em: 20 fev. 2025

ALLEN, M. R. et al. Framing and Context. In: MASSON-DELMOTTE, V. et al. **Global Warming of 1.5°C: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty**. Cambridge: Cambridge University Press, 2018. 538 p.

DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009157940.003>.

ALTIG, R.; WHILES, M. R.; TAYLOR, C. L. What do tadpoles really eat? Assessing the trophic status of an understudied and imperiled group of consumers in freshwater habitats. **Freshwater Biology**, v. 52, p. 386-395, 2007.

Disponível

em:

https://www.researchgate.net/publication/227600906_What_tadpoles_really_eat_Assessing_the_trophic_status_of_an_understudied_and_imperiled_group_of_consumers_in_freshwater_habitats

Acesso em: 7 abr.2025

DOI:10.1111/j.1365-2427.2006.01694.x

ALVAREZ, G.; NICIEZA, A. G. Effects of temperature and food quality on anuran larval growth and metamorphosis. **Functional Ecology**, v. 16, p. 640-648, set. 2002.

Disponível

em:

https://www.researchgate.net/publication/228008410_Effects_of_temperature_and_food_quality_on_anuran_larval_growth_and_metamorphosis

Acesso em: 4 abr. 2025

DOI:10.1046/j.1365-2435.2002.00658.x

ARIETTA, A. Z. A. et al. Phenological delay despite warming in wood frog *Rana sylvatica* reproductive timing: a 20-year study. **Ecography**, v. 43, p. 1791-1800, 2020.

Disponível

em:

https://www.researchgate.net/publication/344143707_Phenological_delay_despite_warming_in_wood_frog_Rana_sylvatica_reproductive_timing_a_20-year_study

Acesso em: 18 mar. 2025

DOI:10.1111/ecog.05297

BABBITT, K. J.; TANNER, G. W. Use of temporary wetlands by anurans in a hydrologically modified landscape. **Wetlands**, v. 20, n. 2, p. 313-322, jun. 2000.

Disponível

em:

https://www.researchgate.net/publication/226853642_Use_of_temporary_wetlands_by_anurans_in_a_hydrologically_modified_landscape

Acesso em: 18 mar. 2025

DOI:10.1672/0277-5212(2000)020[0313:UOTWBA]2.0.CO;2

BANCROFT, B. A.; BAKER, N. J.; BLAUSTEIN, A. R. A Meta-Analysis of the Effects of Ultraviolet B Radiation and Its Synergistic Interactions with pH, Contaminants, and Disease on Amphibian Survival. **Conservation Biology**, v. 22, n. 4, p. 987-996, 2008.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/5235408_A_Meta-Analysis_of_the_Effects_of_Ultraviolet_B_Radiation_and_Its_Synergistic_Interactions_with_pH_Contaminants_and_Disease_on_Amphibian_Survival

Acesso em: 7 abr. 2025

DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.00966.x>

BECK, C. W.; CONGNON, J. D. Effects of age and size at metamorphosis on performance and metabolic rates of Southern Toad, *Bufo terrestris*, metamorphs. **Functional Ecology**, v. 14, p. 32-38, 2000.

Disponível

em:

<https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2435.2000.00386.x>

Acesso em: 7 abr. 2025

DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2000.00386.x>

BEEBEE, T. J. C. Amphibian breeding and climate. **Nature**, v. 374, p. 219, mar. 1995.

Disponível em:

<https://www.nature.com/articles/374219a0>

Acesso em: 27 jan. 2025

DOI: <https://doi.org/10.1038/374219a0>

BENARD, M. F. Warmer winters reduce frog fecundity and shift breeding phenology, which consequently alters larval development and metamorphic timing. **Global Change Biology**, 2014.

Disponível

em: <https://moscow.sci-hub.se/2774/5cea7196f2a61aebdbb6327f94a41a66/10.1111/1@gcb.12720.pdf#=0&view=FitH>

Acesso em: 18 mar. 2025 DOI:10.1111/gcb.12720

BERVEN, K. A. Factor affecting Population Fluctuations in larval and adult stages of the Wood Frog (*Rana sylvatica*). **Ecology**, v. 71, n. 4, p. 1599-1608, 1990.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/236028446_Factors_Affecting_Population_Fluctuations_in_Larval_and_Adult_Stages_of_the_Wood_Frog_Rana_Sylvatica

Acesso em: 1 abr. 2025

DOI:10.2307/1938295

BEVIER, C. R. Utilization of energy substrates during calling activity in tropical frogs. **Behav. Ecol. Sociobiol.**, v. 41, p. 343-352, 1997.

Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s002650050394>

Acesso em: 12 mar. 2025

BHAGARATHI, L. K. et al. Impact of climate change on the reproduction, distribution and abundance of herpetofauna: A review of Literature. **GSC Advanced Research and Reviews**, v. 18, n. 1, p. 266-282, 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/377852965_Impact_of_climate_change_on_the_reproduction_distribution_and_abundance_of_herpetofauna_A_review_of_Literature

Acesso em: 18 fev. 2025 DOI:10.30574/gscarr.2024.18.1.0027

BICKFORD, D. et al. Impacts of climate change on the amphibians and reptiles of Southeast Asia. **Biodiversity Conservation**, v. 19, p. 1043-1062, 2010.

Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-010-9782-4>

Acesso em: 18 fev. 2025

DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-010-9782-4>

BITTAR, B. B. **O Impacto da Mudança Climática na Fenologia e na Distribuição Geográfica em Anuros de habitats diferentes do Cerrado**. 2019. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Conservação) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2019.

Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/662>

Acesso em: 3 fev. 2025

BLAIR, W. F. Mating Call in the Speciation of Anuran Amphibians. **The American Naturalist**, v. 92, n. 862, p. 27-51, 1958.

Disponível em: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/282007>

Acesso em: 18 fev. 2025

BLAUSTEIN, A. R. et al. Effects of Ultraviolet Radiation on Amphibians: Field Experiments. **Integrative Comparative Biology**, v. 38, p. 799-812, 1998.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/249287231_Effects_of_Ultraviolet_Radiation_on_Amphibians_Field_Experiments

Acesso em: 7 abr. 2025

DOI:10.1093/icb/38.6.799

BLAUSTEIN, A. R. et al. Direct and Indirect Effects of Climate Change on Amphibian Populations. **Diversity**, v. 2, p. 281-313, 2010.

Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-2818/2/2/281>

DOI:10.3390/d2020281

BLAUSTEIN, A. R. et al. Amphibian Breeding and Climate Change. **Conservation Biology**, v. 15, n. 6, p. 1804-1809, 2002.

Disponível

em:https://www.researchgate.net/publication/227662802_Amphibian_Breeding_and_Climate_Change

Acesso em: 20 fev. 2025 DOI:<https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2001.00307.x>

BROOKS, R. T. Weather-related effects on woodland vernal pool hydrology and hydroperiod. **Wetlands**, v. 24, n. 1, p. 104-114, mar. 2004.

Disponível

em:[https://link.springer.com/article/10.1672/0277-5212\(2004\)024%5B0104:WEOWVP%5D2.0.CO;2](https://link.springer.com/article/10.1672/0277-5212(2004)024%5B0104:WEOWVP%5D2.0.CO;2)

Acesso em: 5 mar. 2025

BROOKS, R. T. Potential impacts of global climate change on the hydrology and ecology of ephemeral freshwater systems of the forests of the northeastern United States. **Climatic Change**, v. 95, p. 469-483, 2009.

Disponível em:<https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-008-9531-9>

Acesso em: 5 mar. 2025

BÓKONY, V. et al. Climate-driven shifts in adult sex ratios via sex reversals: the type of sex determination matters. **Philosophical Transactions Royal Society B**, v. 372, 2017.

Disponível em:<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2016.0325>

Acesso em: 20 jan. 2025 DOI:<https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0325>

CAREY, C.; ALEXANDER, M. A. Climate change and amphibian declines: is there a link?. **Diversity and Distributions**, v. 9, p. 111-121, 2003.

Disponível

em:https://www.researchgate.net/publication/230033657_Climate_change_and_a_mphibian_declines_Is_there_a_link

Acesso em: 26 mar. 2025

DOI:10.1046/j.1472-4642.2003.00011.x

CARRASCO, G. H. **Efeitos Antrópicos e Ambientais para o Declínio Populacional dos Anuros no mundo**. 2019. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Conservação) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, 2019.

Disponível em:<https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/625>

Acesso em: 20 jan. 2025

CASTELLANO, S. et al. The Advertisement Call of the European Treefrogs (*Hyla arborea*): A Multilevel Study of Variation. **Ethology**, Berlim, v. 108, p. 75-89, 2002.

Disponível

em:https://www.researchgate.net/publication/236971818_The_advertisement_call_of_the_European_treefrogs_Hyla_arborea_a_multi-level_study_of_variation

Acesso em: 12 mar. 2025 DOI:10.1046/j.1439-0310.2002.00761.x

CHARDARD, D. et al. Thermal Sex Reversals in Amphibians. In: VALENZUELA, N. (ed.); LANCE, V. A. (ed.). **Temperature-Dependent Sex Determination in Vertebrates**. Washington: Smithsonian Books, 2004. 194 p.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/profile/Nicole-Valenzuela-3/publication/257429480_Temperature_Dependent_Sex_Determination_in_Vertebrates/links/5bca218a299bf17a1c619200/Temperature-Dependent-Sex-Determination-in-Vertebrates.pdf#page=66

Acesso em: 24 fev. 2025

CHAVES, M. F. et al. Influence of rainfall and temperature on the spermatogenesis of *Leptodactylus macrosternum* (Anura: Leptodactylidae). **Zoologia**, v. 34, out. 2017.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/320221695_Influence_of_rainfall_and_temperature_on_the_spermatogenesis_of_Leptodactylus_macrosternum_Anura_Leptodactylidae

Acesso em: 7 mai. 2025

DOI:10.3897/zoologia.34.e20782

CONOVER, D. O. Temperature-Dependent Sex Determination in Fishes. In: VALENZUELA, N. (ed.); LANCE, V. A. (ed.). **Temperature-Dependent Sex Determination in Vertebrates**. Washington: Smithsonian Books, 2004. 194 p.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/profile/Nicole-Valenzuela-3/publication/257429480_Temperature_Dependent_Sex_Determination_in_Vertebrates/links/5bca218a299bf17a1c619200/Temperature-Dependent-Sex-Determination-in-Vertebrates.pdf#page=66

Acesso em: 24 fev. 2025

COTTON, S.; WEDEKIND, C. Population Consequences of Environmental Sex Reversal. **Conservation Biology**, v. 23, n. 1, p. 196-206, 2008.

Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/29738705>

Acesso em: 24 fev. 2025

DELIA, J. R. J.; RAMÍREZ-BAUTISTA, A.; SUMMERS, K. Parents adjust care in response to weather conditions and egg dehydration in a Neotropical glassfrog. **Behav. Ecol. Sociobiol.**, v. 67, p. 557-569, 2013.

Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00265-013-1475-z>

Acesso em: 4 abr. 2025

DELIS, P. R.; MUSHINSKY, H. R., MCCOY, E. D. Decline of some west-central Florida anuran populations in response to habitat degradation. **Biodiversity and Conservation**, v. 5, p. 1579-1595, 1996.

Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00052117>

Acesso em: 18 fev. 2025 DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00052117>

DENVER, R. J.; MIRHADI, N.; PHILLIPS, N. Adaptive plasticity in amphibian metamorphosis:

Response of *Scaphiopus hammondi* tadpoles to habitat desiccation. **Ecology**, v. 79, n. 6, p. 1859-1872, 1998.

Disponível

em: [https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/0012-9658\(1998\)079%5B1859:APIAMR%5D2.0.CO%3B2](https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/0012-9658(1998)079%5B1859:APIAMR%5D2.0.CO%3B2)

Acesso em: 7 abr. 2025

DOI: [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1998\)079\[1859:APIAMR\]2.0.CO:2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1998)079[1859:APIAMR]2.0.CO:2)

DONNELLY, M. A.; CRUMP, M. L. Potential effects of climate change on two neotropical amphibian assemblages. **Climatic Change**, Países Baixos, v. 39, p. 541-561, 1998.

Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1005315821841>

Acesso em: 4 abr. 2025

DUELLMAN, W. E.; TRUEB, L. *Biology of Amphibians*. Baltimore; Londres: The Johns Hopkins University Press, 1994. 674 p.

DUTTA, H. Insights into the impacts of three current environmental problems on Amphibians. **European Journal of Ecology**, v. 4, n. 2, p. 15-27, 2018.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/330217369_Insights_into_the_impact_s_of_three_current_environmental_problems_on_Amphibians

Acesso em: 20 fev. 2025 DOI: 10.2478/eje-2018-0009

EGGERT, C. Sex determination: the amphibian models. **Reprod. Nutr. Dev.**, v. 44, p. 539-549, 2004.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/7972735_Sex_determination_the_amphibian_models

Acesso em: 24 fev. 2025 DOI: 10.1051/rnd:2004062

FIGUEIREDO, G. D. M. **Efeito do Micro e Macroclima sobre o Canto de Anúncio de Anuros da Caatinga**. 2023. TCC (Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas) - Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2023.

Disponível

em: www.ccen.ufpb.br/cccb/contents/monografias/taccs-2018-em-diante/gdmf19072023.pdf

Acesso em: 3 fev. 2025

FITE, K. V. *et al.* Evidence of Retinal Light Damage in *Rana cascadae*: A Declining Amphibian Species. **Copeia**, v. 1998, n. 4, p. 906-914, dez. 1998.

Disponível

em: <https://blaustein.science.oregonstate.edu/publications/AmpDeclines/Fiteetal1998Copeia.pdf>

Acesso em: 4 abr. 2025

FORTI, L. R. *et al.* Climate drives anuran breeding phenology in a continental perspective as revealed by citizen-collected data. **Diversity and Distributions**, v. 28, p. 2094-2109, 2022.

Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ddi.13610>

Acesso em: 27 fev. 2025 DOI:<https://doi.org/10.1111/ddi.13610>

FOUILLOUX, C. A. *et al.* Pool choice in a vertical landscape: Tadpole-rearing site flexibility in phytotelm-breeding frogs. **Ecology and Evolution**, v. 2021, n. 11, p. 9021-9038, 2021.

Disponível em:<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ece3.7741>

Acesso em: 05 mar. 2025

DOI:<https://doi.org/10.1002/ece3.7741>

GARDNER, T. Declining amphibian populations: a global phenomenon in conservation biology. **Animal Biodiversity and Conservation**, v. 24,2, p. 25-44, 2001.

Disponível

em:https://www.researchgate.net/publication/26411061_Declining_amphibian_populations_A_global_phenomenon_in_conservation_biology

Acesso em: 20 fev. 2025

DOI:10.32800/abc.2001.24.2025

GERVASI, S. S.; FOUFOPOULOS, J. Costs of plasticity: responses to desiccation decrease post-metamorphic immune function in a pond-breeding amphibian. **Functional Ecology**, v. 2008, n. 22, p. 100-108, 2007.

Disponível em:<https://deepblue.lib.umich.edu/handle/2027.42/74472>

Acesso em: 7 abr. 2025

DOI:10.1111/j.1365-2435.2007.01340.x

GIVEN, M. F. Vocalizations and Acoustic Interactions of the Carpenter Frog, *Rana virgatipes*. **Herpetologica**, v. 43, n. 4, p. 467-481, 1987.

Disponível

em:https://www.researchgate.net/publication/285738256_Vocalizations_and_acoustic_interactions_of_the_carpenter_frog_Rana_virgatipes

Acesso em: 10 mar. 2025

GOATER, C. P. Growth and survival of postmetamorphic toads: Interactions among larval history, density, and parasitism. **Ecology**, v. 75, n. 8, p. 2264-2274, dez. 1994.

Disponível em:<https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2307/1940882>

Acesso em: 7 abr. 2025

DOI:<https://doi.org/10.2307/1940882>

GREEN, D. M. Amphibian breeding phenology trends under climate change: predicting the past to forecast the future. **Global Change Biology**, p. 1-11, 2016.

Disponível

em:https://www.researchgate.net/publication/303871103_Amphibian_Breeding_Phenology_Trends_under_Climate_Change_Predicting_the_Past_to_Forecast_the_Future

Acesso em: 18 mar. 2025

DOI: 10.1111/gcb.13390

GUIMARÃES, L. d'A.; BASTOS, R. P. Vocalizações e Interações Acústicas em *Hyla raniceps* (Anura, Hylidae) durante a Atividade Reprodutiva. **Sér. Zool.**, Porto Alegre, v. 93, n. 2, p. 149-158, jun. 2003.

Disponível em: <https://www.scielo.br/j/isz/a/xFSx97bfHQgJsPB7r464QRK/>

Acesso em: 10 mar. 2025

DOI: <https://doi.org/10.1590/S0073-47212003000200005>

HADDAD, C. F. B. **Comportamento Reprodutivo e Comunicação Sonora de *Hyla minuta* Peters**, 1872 (Amphibia, Anura, Hylidae). 1987. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1987.

Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1579904>

Acesso em: 3 fev. 2025

DOI: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.1987.55877>

HALE, R.; MORRONGIELLO, J. R.; SWEARER, S. E. Evolutionary traps and range shifts in a rapidly changing world. **Biology Letters**, v. 12, 2016.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/304368330_Evolutionary_traps_and_range_shifts_in_a_rapidly_changing_world

Acesso em: 1abr.2025

DOI:10.1098/rsbl.2016.0003

HALVERSON, M. A. *et al.* Forest mediated light regime linked to amphibian distribution and performance. **Oecologia: Population Ecology**, v. 134, p. 360-364, Jan. 2003.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/10847506_Forest_mediated_light_regime_linked_to_amphibian_distribution

Acesso em: 7 abr. 2025

DOI:10.1007/s00442-002-1136-9

HATANO, F. H.; ROCHA, C. F. D.; SLUYS, M. V. Environmental Factors Affecting Calling Activity of a Tropical Diurnal Frog (*Hylodes phyllodes*: Leptodactylidae). **Journal of Herpetology**, v. 36, n. 2, p. 314–318, 2002.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/240776433_Environmental_Factors_Affecting_Calling_Activity_of_a_Tropical_Diurnal_Frog_Hylodes_phyllodes_Leptodactylidae

Acesso em: 10 mar. 2025

DOI:10.1670/0022-1511(2002)036[0314:EFACAO]2.0.CO;2

HAYS, J. B. *et al.* Developmental Responses of Amphibians to Solar and Artificial UVB Sources: A Comparative Study. **Photochemistry and Photobiology**, v. 64, n. 3, p. 449-456, 1996.

Disponível

em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1751-1097.1996.tb03090.x>

Acesso em: 7 abr. 2025

DOI:<https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.1996.tb03090.x>

HOEGH-GULDBERG, O. et al. Impacts of 1.5°C Global Warming on Natural and Human Systems. In: MASSON-DELMOTTE, V. et al. **Global Warming of 1.5°C: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty**. Cambridge: Cambridge University Press, 2018. 538 p.

DOI:<https://doi.org/10.1017/9781009157940.005>.

JAKOB, C. et al. Breeding phenology and larval distribution of amphibians in a Mediterranean pond network with unpredictable hydrology. **Hydrobiologia**, Países Baixos, v. 499, p. 51-61, 2003.

Disponível

em:https://www.researchgate.net/publication/226313670_Breeding_phenology_and_larval_distribution_of_amphibians_in_a_Mediterranean_pond_network_with_unpredictable_hydrology

Acesso em: 18 mar. 2025

DOI:10.1023/A:1026343618150

JUSTICIA, L. S.; FOUILLOUX, C. A.; ROJAS, B. Poison frog social behaviour under global change: potential impacts and future challenges. **Acta Ethologica**, v. 26, p. 151-166, 2023.

Disponível em:<https://link.springer.com/article/10.1007/s10211-022-00400-6>

Acesso em: 18 fev. 2025

DOI:<https://doi.org/10.1007/s10211-022-00400-6>

KAEFER, I. L. et al. Temporal Patterns of Reproductive Activity and Site Attachment of the Brilliant-Thighed Frog *Allobates femoralis* from Central Amazonia. **Journal of Herpetology**, v. 46, n. 4, p. 549-554, 2012.

Disponível

em:https://www.researchgate.net/publication/260102128_Temporal_Patterns_of_Reproductive_Activity_and_Site_Attachment_of_the_Brilliant-Thighed_Frog_Allobates_femoralis_from_Central_Amazonia

Acesso em: 18 mar. 2025

DOI: 10.2307/23327173

KLOEPPEL, B. D. et al. Drought Impacts on Tree Growth and Mortality of Southern Appalachian Forests. In: GREENLAND, D. (ed.); GOODIN, D. G. (ed.); SMITH, R. C. (ed.). **Climate Variability and Ecosystem Response at Long-Term Ecological Research Sites**. Nova Iorque: Oxford University Press, 2003. 459 p.

Disponível em:https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/ja_kloeppel001.pdf

Acesso em: 7 abr. 2025

KOHDNAPUR, B. S. et al. Spatiotemporal Expression of Aromatase (CYP19) During Gonadal Sex Differentiation in the Oviparous Lizard *Calotes versicolor*. **Journal of Endocrinology and Reproduction**, v. 24, n. 2, p. 97-104, dez. 2020.

Disponível em: <https://informaticsjournals.co.in/index.php/jer/article/view/27853>

Acesso em: 20 jan. 2025

DOI:10.18311/jer/2020/27853

LAMBERT, M. R. et al. Molecular evidence for sex reversal in wild populations of green frogs (*Rana clamitans*). **PeerJ**, v. 7, 2019.

Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30775188/>

Acesso em: 20 jan. 2025

DOI: 10.7717/peerj.6449

LAMBERT, M. R. et al. Sexual and somatic development of wood frog tadpoles along a thermal gradient. **Journal of Experimental Zoology**, p. 1-8, 2018.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/325323861_Sexual_and_somatic_development_of_wood_frog_tadpoles_along_a_thermal_gradient

Acesso em: 17 fev. 2025

DOI: 10.1002/jez.2172

LANE, S. J.; MAHONY, M. J. Larval anurans with synchronous and asynchronous development periods: contrasting responses to water reduction and predator presence. **Journal of Animal Ecology**, v. 71, p. 780-792, 2002.

Disponível

em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2656.2002.00644.x>

Acesso em: 18 mar. 2025

DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2656.2002.00644.x>

LANG, J. W.; ANDREWS, H. V. Temperature-Dependent Sex Determination in Crocodilians. The **Journal of Experimental Zoology**, v. 270, p. 28-44, 1994.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/229642046_Temperature_dependent_sex_determination_in_Crocodilians

Acesso em: 27 fev. 2025

DOI:10.1002/jez.1402700105

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.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/228657182_Vocalizations_of_the_Brazilian_torrent_frog_Hylodes_heyerei_Anura_Hylodidae_Repertoire_and_influence_of_air_temperature_on_advertisement_call_variation

Acesso em: 5 mar. 2025

DOI:10.1080/00222930701395626

Acesso em: 1 abr. 2025

DOI:10.2307/1564675

LLUSIA, D. et al. Environmental and social determinants of anuran lekking behavior: intraspecific variation in populations at thermal extremes. **Behav. Ecol. Sociobiol.**, v. 67, p. 493–511, 2013.

Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00265-012-1469-2>

Acesso em: 3 fev. 2025

DOI:10.1007/s00265-012-1469-2

LONGHINI, L. S. et al. Thermal Acclimation to the Highest Natural Ambient Temperature Compromise Physiological in Tadpoles of a Stream-Breeding Savanna Tree Frog. **Frontiers in Physiology**, v. 12, 2021.

DOI:10.3389/fphys.2021.726440

LUDWIG, G. X. et al. Short- and long-term population dynamical consequences of asymmetric climate change in black grouse. **Proceedings of the Royal Society B**, p. 1-8, 2006.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/6938720_Short-_and_long-term_population_dynamical_consequences_of_asymmetric_climate_change_in_Black_Grouse

Acesso em: 2 abr. 2025

DOI:10.1098/rspb.2006.3538

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

Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41586-023-06578-4>

Acesso em: 26 mar. 2025

DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06578-4>

MERILÄ, J.; PAHKALA, M.; JOHANSON, U. Increased ultraviolet-B radiation, climate change and latitudinal adaptation: a frog perspective. **Ann. Zool. Fennici**, Helsinque, v. 37, p. 129-134, jun. 2000.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/235897456_Increased_ultraviolet-B_radiation_climate_change_and_latitudinal_adaptation_-_A_frog_perspective

Acesso em: 18 mar. 2025

MEYER, J. L. et al. Impacts of climate change on aquatic ecosystem functioning and health. **Journal of the American Water Resources Association**, Estados Unidos da América, v. 35, n. 6, p. 1373-1386, dez. 1999.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/227650244_Impacts_of_Climate_Change_on_Aquatic_Ecosystem_Functioning_and_Health

Acesso em: 7 abr. 2025

DOI:10.1111/j.1752-1688.1999.tb04222.x

MEZA-JOYA, F. L.; RAMOS-PALLARES, E.; HERNÁNDEZ-JAIMES, C. Use of an Agroecosystem by the Threatened Dart Poison Frog *Andinobates virolinensis* (Dendrobatidae). **Herpetological Review**, v. 46, n. 2, p. 171-176, 2015.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/281862493_Use_of_an_agroecosystem_by_the_threatened_dart_poison_frog_Aandinobates_virolinensis_Dendrobatidae

Acesso em: 4 abr. 2025

MIKÓ, Z. et al. Sex reversal and ontogeny under climate change and chemical pollution: are there interactions between the effects of elevated temperature and a xenoestrogen on early development in agile frogs? **Environmental Pollution**, v. 285, 2021.

Disponível

em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749121010460>

Acesso em: 20 jan. 2025 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117464>

MILLS, N. E.; BARNHART, M. C. Effects of Hypoxia on Embryonic Development in Two *Ambystoma* and Two *Rana* Species. **Physiological and Biochemical Zoology**, Chicago, v. 72, n. 2, p. 179-188, 1999.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/13221422_Effects_of_Hypoxia_on_Embryonic_Development_in_Two_Ambystoma_and_Two_Rana_Species

Acesso em: 18 mar. 2025

DOI: 10.1086/316657

MITCHELL, N. J.; JANZEN, F. J. Temperature-Dependent Sex Determination and Contemporary Climate Change. **Sex. Dev.**, n. 4, p. 129-140, 2010.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/41419778_Temperature-Dependent_Sex_Determination_and_Contemporary_Climate_Change

Acesso em: 17 fev. 2025

DOI: 10.1159/000282494

MORAIS, A. R. et al. Acoustic communication in a Neotropical frog (*Dendropsophus minutus*): vocal repertoire, variability and individual discrimination. **Herpetological Journal**, v. 22, p. 249–257, 2012.

Disponível

em: <https://www.thebhs.org/publications/the-herpetological-journal/volume-22-number-4-october-2012/683-07-acoustic-communication-in-a-neotropical-frog-i-dendropsophus-minutus-i-vocal-repertoire-variability-and-individual-discrimination>

Acesso em: 5 mar. 2025

MOREAU, J. et al. Sexual Selection in an isopod with *Wolbachia*-induced sex reversal: males prefer real females. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 14, p. 388-394, 2001.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/229593013_Sexual_selection_in_an_isopod_with_Wolbachia-induced_sex_reversal_Males_prefer_real_females

Acesso em: 24 fev. 2025

DOI:10.1046/j.1420-9101.2001.00292.x

MOSER, C. F. et al. Individual variation in the advertisement call of *Aplastodiscus albosignatus* (Anura: Hylidae) is correlated with body size and environmental temperature. **Zoologia**, v. 39, 2022.

Disponível em: <https://www.scielo.br/j/zool/a/KwvG4TfY633YC4knDNNwY5J/>

Acesso em: 4 fev. 2025

DOI: <https://doi.org/10.1590/S1984-4689.v39.e21008>

NAVARRO-MARTÍN, R. et al. Sexing Frogs by Real-Time PCR: Using Aromatase (cyp19) as an Early Ovarian Differentiation Marker. **Sexual Development**, v. 6, p. 303-315, 2012.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/233416730_Sexing_Frogs_by_Real-Time_PCR_Using_Aromatase_cyp19_as_an_Early_Ovarian_Differentiation_Marker

Acesso em: 24 fev. 2025

DOI: 10.1159/000343783

NEMESHÁZI, E.; KÖVÉR, S.; BÓKONY, V. Evolutionary and demographic consequences of temperature-induced masculinization under climate warming: the effects of mate choice. **BMC Ecology and Evolution**, v. 21, n. 16, 2021.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/349045645_Evolutionary_and_demographic_consequences_of_temperature-induced_masculinization_under_climate_warming_the_effects_of_mate_choice

Acesso em: 20 jan. 2025

DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s12862-021-01747-3>

OEBERT, H. J. Some Effects of External Factors upon the Reproductive Behavior of the Grass Frog *Rana t. temporaria* L. (Ranidae, Anura). **Oecologia**, Berlim, v. 24, p. 43-55, 1976.

Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00545486>

Acesso em: 3 fev. 2025

DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00545486>

OHNO, S. **Sex Chromosomes and Sex-linked Genes**. 1 ed. Berlim, Heidelberg, Nova Iorque: Springer-Verlag, 1967. 192 p.

Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-88178-7>

Acesso em: 24 fev. 2025

DOI:10.1007/978-3-642-88178-7

OLIVEIRA, S. R. **Mudança Climática, Configuração da Paisagem e seus Efeitos sobre a Fenologia e Biodiversidade de Anuros**. 2018. Dissertação

(Mestrado em Biodiversidade e Conservação) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, 2018.

Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/317>

Acesso em: 20 jan. 2025

OSPINA, O. E. et al. Variable response of anuran calling activity to daily precipitation and temperature: implications for climate change. **Ecosphere**, v. 4, n. 4, abr. 2013.

Disponível

em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/ES12-00258.1>

Acesso em: 5 mar. 2025

DOI: <https://doi.org/10.1890/ES12-00258.1>

PEARMAN, P. B. Effects of pond size and consequent predator density on two species of tadpoles. **Oecologia**, v. 102, p. 1-8, 1995.

Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00333303>

Acesso em: 1 abr. 2025

DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00333303>

PHUGE, S. K. High temperatures influence sexual development differentially in male and female tadpoles of the Indian skipper frog, *Euphlyctis cyanophlyctis*. **J. Biosci.**, v. 42, n. 3, p. 449-457, set. 2017.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/318170224_High_temperatures_influence_sexual_development_differentially_in_male_and_female_tadpoles_of_the_Indian_skipper_frog_Euphlyctis_cyanophlyctis#:~:text=In%20the%20Indian%20skipper%20frog%20Euphlyctis%20cyanophlyctis%2C%20on%20the%20other,disturbed%20ovary%20development.%20...

Acesso em: 3 fev. 2025

DOI: 10.1007/s12038-017-9689-2

PIZZO, M. B. F. G. **O Efeito das Mudanças Climáticas Futuras sobre a Propagação do Canto de Anúncio de Anuros da Caatinga e Mata Atlântica**. 2022. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2022.

Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/25616>

Acesso em: 20 jan. 2025

PRADO, C. P. A.; UETANABARO, M.; HADDAD, C. F. B. Breeding activity patterns, reproductive modes, and habitat use by anurans (Amphibia) in a seasonal environment in the Pantanal, Brazil. **Amphibia-Reptilia**, Leiden, v. 26, p. 211-221, 2005.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/230888317_Breeding_activity_patterns_reproductive_modes_and_habitat_use_by_anurans_Amphibia_in_a_seasonal_environment_in_the_Pantanal_Brazil Acesso em: 18 mar. 2025

DOI: 10.1163/1568538054253375

PRESTWICH, K. N. The Energetics of Acoustic Signaling in Anurans and Insects. **Amer. Zool.**, v. 34, p. 625-643, 1994.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/233822323_The_Energetics_of_Acoustic_Signaling_in_Anurans_and_Insects

Acesso em: 5 mar. 2025

DOI:10.1093/icb/34.6.625

PYKE, G. H.; WHITE, A. W. Frog Reproduction and Community Structure in relation to Water Attributes: Setting the stage to understand effects of Climatic Variables and Climate Change. **Australian Zoologist**, v. 42, n. 3 p. 667-689, 2022.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/365686117_Frog_Reproduction_and_Community_Structure_in_relation_to_Water_Attributes_Setting_the_stage_to_understand_effects_of_Climatic_Variables_and_Climate_Change

Acesso em: 27 jan. 2025

DOI:10.7882/AZ.2021.032

QUINN, A. E. et al. Evolutionary transitions between mechanisms of sex determination in vertebrates. **Biol. Lett.**, v. 7, p. 443-448, 2011.

Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/>

Acesso em: 17 fev. 2025

RE:WILD; SINCHRONICITY EARTH; IUCN SSC AMPHIBIAN SPECIALIST GROUP. **State of the World's Amphibians: The Second Global Amphibian Assessment**. Texas: Re:wild, 2023. 92 p.

Disponível em: <https://www.iucn-amphibians.org/state-of-the-worlds-amphibians>

Acesso em: 27 fev. 2025

RICHTER-BOIX, A.; LLORENTE, G. A.; MONTORI, A. Breeding phenology of an amphibian community in a Mediterranean area. **Amphibia-Reptilia**, v. 27, n. 4, p. 549-559, dez. 2006.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/233585117_Breeding_phenology_of_an_amphibian_community_in_a_Mediterranean_area

Acesso em: 18 mar. 2025

DOI:10.1163/156853806778877149

RIVERA-ORDONEZ, J. M. et al. Thermal niche variation among individuals of the poison frog, *Oophaga pumilio*, in forest and converted habitats. **Biotropica**, v. 51, p. 747-756, 2019.

Disponível em: [https://toddlab.ucdavis.edu/publications/rivera-ordonez et al.2019.pdf](https://toddlab.ucdavis.edu/publications/rivera-ordonez_et_al.2019.pdf)

Acesso em: 4 abr. 2025

DOI: 10.1111/btp.12691

ROCHA, S. M. C.; LIMA, A. P.; KAEFER, I. L. Key roles of paternal care and climate on offspring survival of an Amazonian poison frog. **An. Acad. Bras. Cienc.**, v. 93, n. 3, p. 1-14, 2021.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/351100122_Key_roles_of_paternal_care_and_climate_on_offspring_survival_of_an_Amazonian_poison_frog

Acesso em: 4 abr. 2025

DOI:10.1590/0001-3765202120210067

RODENHOUSE, N. L. et al. Climate change effects on native fauna of northeastern forests. **Can. J. For. Res.**, v. 39, p. 249–263, 2009.

Disponível em: <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/X08-160>

Acesso em: 5 mar. 2025

DOI:10.1139/X08-160

RODRÍGUEZ, A.; de la NUEZ, D.; ALONSO, R. Intraspecific Variation in the Advertisement Call of the Cloud-Forest Frog *Eleutherodactylus glamyrus* (Anura: Eleutherodactylidae). **Journal of Herpetology**, v. 44, n. 3, p. 457–466, 2010.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/216842109_Intraspecific_Variation_in_the_Advertisement_Call_of_the_Cloud-Forest_Frog_Eleutherodactylus_glamyrus_Anura_Eleutherodactylidae

Acesso em: 10 mar. 2025

DOI: 10.2307/40983599

ROJAS, B. Strange parental decisions: fathers of the dyeing poison frog deposit their tadpoles in pools occupied by large cannibals. **Behav. Ecol. Sociobiol.**, v. 68, p. 551-559, 2014.

Disponível

em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00265-013-1670-y#:~:text=First%2C%20despite%20the%20high%20risk,are%20met%20in%20that%20pool.>

Acesso em: 5 mar. 2025

DOI: <https://doi.org/10.1007/s00265-013-1670-y>

ROMANSIC, J. M. et al. Influence of ultraviolet-B radiation on growth, prevalence of deformities, and susceptibility to predation in Cascades frog (*Rana cascadae*) larvae. **Hydrobiologia**, v. 624, p. 219-233, 2009.

Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10750-009-9703-2>

Acesso em: 4 abr. 2025

ROWE, C. L.; DUNSON, W. A. Impacts of hydroperiod on growth and survival of larval amphibians in temporary ponds of Central Pennsylvania, USA. **Oecologia**, v. 102, p. 397-403, 1995.

Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00341351>

Acesso em: 7 abr. 2025

RUBBO, M. J.; KIESECKER, J. M. Leaf Litter Composition and Community Structure: Translating Regional Species Changes. **Ecology**, v. 85, n. 9, p. 2519-2525, set. 2004.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/250076846_Leaf_litter_composition_and_community_structure_Translating_regional_species_changes_into_local_dynamics

Acesso em: 7 abr. 2025

DOI:10.1890/03-0653

SANTOS, L. R. S. **Ciclo Reprodutivo de Machos de *Dendropsophus minutus* (Anura, Hylidae)**. 2006. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2006.

Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/87598>

Acesso em: 20 jan. 2025

SCHNEIDER, H. Acoustic Behavior and Physiology of Vocalization in the European Tree Frog, *Hyla arborea* (L.). In: TAYLOR, D. H. (ed); GUTTMAN, S. I. (ed). **The Reproductive Biology of Amphibians**. Nova Iorque: Springer Science+Business Media, 1977. 475 p.

Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4757-6781-0_9

Acesso em: 10 mar. 2025

DOI:10.1007/978-1-4757-6781-0

SCHULTE, L. M. *et al.* Developments in Amphibian Parental Care Research: History, Present Advances, and Future Perspective. **Herpetological Monographs**, v. 34, p. 71–97, 2020.

DOI:10.1655/HERPMONOGRAPHS-D-19-00002.1

SCHWANZ, L. E. *et al.* Climate change, sex reversal and lability of sex-determining systems. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 33, p. 270-281, 2020.

Disponível em: <https://academic.oup.com/jeb/article/33/3/270/7326443>

Acesso em: 17 fev. 2025

SEALE, D. B. Influence of amphibian larvae on Primary Production, Nutrient Flux, and Competition in a pond ecosystem. **Ecology**, v. 61, n. 6, p. 1531-1550, 1980.

Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2307/1939059>

Acesso em: 7 abr. 2025

DOI: <https://doi.org/10.2307/1939059>

SEMLITSCH, R. D.; SCOTT, D. E., PECHMANN, J. H. K. Time and Size at Metamorphosis related to Adult Fitness in *Ambystoma talpoideum*. **Ecology**, v. 69, n. 1, p. 184-192, 1988.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/261870848_Time_and_Size_at_Metamorphosis_Related_to_Adult_Fitness_in_Ambystoma_Talpoideum

Acesso em: 1 abr. 2025

DOI:10.2307/1943173

SENIOR, A. M.; KRKOSEK, M.; NAKAGAWA, S. The practicality of Trojan sex chromosomes as a biological control: an agent based model of two highly invasive *Gambusia* species. **Biol. Invasions**, v. 15, p. 1765-1782, 2013.

Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10530-013-0407-1>

Acesso em: 20 jan. 2025

DOI: <https://doi.org/10.1007/s10530-013-0407-1>

SIH, A.; FERRARI, M. C. O.; HARRIS, D. J. Evolution and behavioural responses to human-induced rapid environmental change. **Evolutionary Applications**, v. 4, p. 367-387, 2011.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/229862604_Evolution_and_behavioral_responses_to_human-induced_rapid_environmental_change

Acesso em: 2 abr. 2025

DOI:10.1111/j.1752-4571.2010.00166.x

SILVANO, D. L.; SEGALLA, M. V. Conservação de anfíbios no Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 79-86, jul. 2005.

Disponível

em: <https://simonprojetos.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/12/silvano-e-segalla-2005-conservac3a7c3a3o-de-anfc3adbios.pdf>

Acesso em: 27 fev. 2025

SMITH, D. C. Adult recruitment in Chorus Frogs: Effects of size and date at Metamorphosis. **Ecology**, v. 68, n. 2, p. 344-350, 1987.

Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2307/1939265>

Acesso em: 1 abr. 2025

DOI: <https://doi.org/10.2307/1939265>

SMITH, C. A. et al. Aromatase enzyme activity during gonadal sex differentiation in alligator embryos. **Differentiation**, v. 58, p. 281-290, 1995.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/229933478_Aromatase_enzyme_during_gonadal_sex_differentiation_in_alligator_embryos

Acesso em: 27 fev. 2025

DOI:10.1046/j.1432-0436.1995.5840281.x

SNELL-ROOD, E. C. The effect of climate on acoustic signals: Does atmospheric sound absorption matter for bird song and bat echolocation?. **J. Acoust. Soc. Am.**, v. 131, n. 2, p. 1650-1658, fev. 2012.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/221849552_The_effect_of_climate_on_acoustic_signals_Does_atmospheric_sound_absorption_matter_for_bird_song_and_bat_echolocation

Acesso em: 5 mar. 2025

DOI: 10.1121/1.3672695

STUART, S. N. et al. **Threatened Amphibians of the World**. Barcelona: Lynx Edicions; Suíça: IUCN; e Virgínia: Conservation International, 2008. 758 p. Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/259390431_Threatened_Amphibians_of_the_World

Acesso em: 26 mar. 2025

TAYLOR, R. C.; BUCHANAN, B. W.; DOHERTY, J. L. Sexual selection in the squirrel treefrog *Hyla squirella*: the role of multimodal cue assessment in female choice. **Animal Behaviour**, v. 74, p. 1753-1763, 2007.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/222814876_Sexual_selection_in_the_squirrel_treefrog_Hyla_squirella_the_role_of_multimodal_cue_assessment_in_female_choice

Acesso em: 17 mar. 2025

DOI:10.1016/j.anbehav.2007.03.010

TEJEDO, M. Effects of body size and timing of reproduction on reproductive success in

female natterjack toads (*Bufo calamita*). **J. Zool. Lond.**, v. 228, p. 545-555, 1992.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/227921788_Effect_of_body_size_and_timing_of_reproduction_on_reproductive_success_in_female_natterjack_toads_Bufo_calamita

Acesso em: 4 abr. 2025

DOI:10.1111/j.1469-7998.1992.tb04454.x

UJSZEGI, J. et al. "Heat waves" experienced during larval life have species-specific consequences on life-history traits and sexual development in anuran amphibians. **Science of the Total Environment**, v. 835, 2022. Disponível

em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722023907>

Acesso em: 3 fev. 2025

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155297>

ULLOA, J. S.; AUBIN, T.; LLUSIA, D. Explosive breeding in tropical anurans: environmental triggers, community composition and acoustic structure. **BMC Ecology**, v. 19, n. 1, jul. 2019.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/334575062_Explosive_breeding_in_tropical_anurans_environmental_triggers_community_composition_and_acoustic_structure

Acesso em: 18 mar. 2025

DOI: 10.1186/s12898-019-0243-y

VAIRA, M. Annual variation of breeding patterns of the toad, *Melanophryniscus rubriventris* (Vellard, 1947). **Amphibia-Reptilia**, v. 26, p. 193-199, 2005.

Disponível

em:

https://www.researchgate.net/publication/216505757_Annual_variation_of_breeding_patterns_of_the_toad_Melanophryniscus_rubriventris_Vellard_1947

Acesso em: 18 mar. 2025

DOI: 10.1163/1568538054253519

VALENCIA-AGUILAR, A.; RODRIGUES, D. de J.; PRADO, C. P. A. Male care status influences the risk-taking decisions in a glassfrog. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, p. 74-84, 2020.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s00265-020-02869-2>

VALENZUELA, N.; ADAMS, D. C.; JANZEN, F. J. Pattern Does Not Equal Process: Exactly When Is Sex Environmentally Determined? **The American Naturalist**, v. 161, n. 4, abr. 2003.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/257429517_Pattern_Does_Not_Equal_Process_Exactly_When_Is_Sex_Environmentally_Determined

Acesso em: 24 fev. 2025 DOI:10.1086/368292

VALETTI, J. A.; MARTINO, A. L. Temperature effect on the advertisement call of *Pleurodema tucumanum* (Anura: Leiuperidae). **Phyllomedusa**, v. 11, n. 2, p. 125-134, 2012.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/255171904_Temperature_effect_on_the_advertisement_call_of_Pleurodema_tucumanum_Anura_Leiuperidae

Acesso em: 5 mar. 2025

VAN DICK, H. *et al.* The lost generation hypothesis: could climate change drive ectotherms into a developmental trap? **Oikos**, v. 0, p. 1-8, 2015.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/269108836_The_lost_generation_hypothesis_Could_climate_change_drive_ectotherms_into_a_developmental_trap

Acesso em: 1 abr. 2025

DOI: 10.1111/oik.02066

VIEIRA, R. R. S.; BATISTA, V. G.; BASTOS, R. P. Acoustic communication in two species of the *Hypsiboas albopunctatus* group (Anura: Hylidae) in sympatry and allopatry. **Zoologia**, v. 33, n. 2, 2016.

Disponível

em:

https://www.researchgate.net/publication/301708195_Acoustic_communication_in_two_species_of_the_Hypsiboas_albopunctatus_group_Anura_Hylidae_in_sympatry_and_allopatry

Acesso em: 5 mar. 2025

DOI:10.1590/S1984-4689zool-20150037

WALLS, S. C.; BARICHIVICH, W. J.; BROWN, M. E. Drought, Deluge and Declines: The Impact of Precipitation Extremes on Amphibians in a Changing Climate. **Biology**, v. 2, p. 399-418, 2013.

Disponível

em:https://www.researchgate.net/publication/262384939_Drought_Deluge_and_Declines_The_Impact_of_Precipitation_Extremes_on_Amphibians_in_a_Changing_Climate

Acesso em: 5 mar. 2025

DOI:10.3390/biology2010399

WASSENS, S. et al. Frog breeding in rain-fed wetlands after a period of severe drought: implications for predicting the impacts of climate change. **Hydrobiologia**, v. 708, p. 69-80, 2013.

Disponível

em:https://www.researchgate.net/publication/257569007_Frog_breeding_in_rain-fed_wetlands_after_a_period_of_severe_drought_Implications_for_predicting_the_impacts_of_climate_change

Acesso em: 27 fev. 2025

DOI: 10.1007/s10750-011-0955-2

WEDEKIND, C. Demographic and genetic consequences of disturbed sex determination. **Phil. Trans. R. Soc. B**, v. 372, 2017.

Disponível em:<https://royalsocietypublishing.org/>

Acesso em: 17 fev. 2025.

WELLS, K. D. The Social Behaviour of Anuran Amphibians. **Anim. Behav.**, n. 25, p. 666-693, 1977.

Disponível

em:https://www.researchgate.net/publication/248589455_The_social_behaviour_of_anuran_amphibians

Acesso em: 5 mar. 2025

DOI:10.1016/0003-3472(77)90118-X

WELLS, K. D. **The Ecology and Behavior of Amphibians**. Chicago: Chicago University Press, 2007. 1400 p.

WILBUR, H. M. Experimental Ecology of Food Webs: Complex Systems in Temporary Ponds. **Ecology**, v. 78, n. 8, p. 2279-2302, dez. 1997.

Disponível

em:[https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/0012-9658\(1997\)078\[2279:EEOFWC\]2.0.CO;2](https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/0012-9658(1997)078[2279:EEOFWC]2.0.CO;2)

Acesso em: 27 fev. 2025

DOI:[https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1997\)078\[2279:EEOFWC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1997)078[2279:EEOFWC]2.0.CO;2)

WITSCHI, E. Sex Reversal in female tadpoles of *Rana Sylvatica* following the application of high temperature. **The Journal of Experimental Zoology**, v. 52, n. 2, p. 267-291, 1929.

Disponível em:<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jez.1400520203>

Acesso em: 20 jan. 2025

DOI:<https://doi.org/10.1002/jez.1400520203>

WOODWARD, B. D. Predator-prey interactions and Breeding-pond use of Temporary-pond species in a Desert Anuran Community. **Ecology**, v. 64, n. 6, p. 1549-1555, 1983.

Disponível

em: <https://www.periodicos.capes.gov.br/index.php/acervo/buscaador.html?task=detalhes&id=W2085038835>

Acesso em: 1 abr. 2025

DOI:10.2307/1937509

YAMAGUCHI, A. et al. Temperature-dependent regulation of vocal pattern generator. **PresS. J. Neurophysiol.**, 2008.

Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jn.01309.2007>

Acesso em: 18 fev. 2025

DOI: 10.1152/jn.01309.2007

YIMING, L.; JEREMY, M. C.; JASON, R. R. Review and synthesis of the effects of climate change on amphibians. Integrative **Zoology**, v. 8, n. 2, p. 145-161, 2013.

Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1749-4877.1200>

Acesso em: 17 fev. 2025

DOI: <https://doi.org/10.1111/1749-4877.12001>

ZIEGLER, L.; ARIM, N.; BOZINOVIC, F. Intraspecific scaling in frog calls: the interplay of temperature, body size and metabolic condition. **Oecologia**, v. 181, p. 673–681, 2016.

Disponível

em: https://www.researchgate.net/publication/283687471_Intraspecific_scaling_in_frog_calls_the_interplay_of_temperature_body_size_and_metabolic_condition

Acesso em: 5 mar. 2025

DOI:10.1007/s00442-015-3499-8

ZINA, J. et al. Taxocenose de anuros de uma mata semidecídua do interior do Estado de São Paulo e comparações com outras taxocenoses do Estado, sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 7 n. 2, p. 49-57, 2007.

Disponível

em: <https://www.scielo.br/j/bn/a/TY4J4sY7KG3rBFkSVRqNSzF/abstract/?lang=pt>

Acesso em: 27 fev. 2025

DOI: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032007000200005>