

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
GUSTAVO DA CRUZ CORDEIRO**

**ATIVIDADE ACÚSTICA E PADRÕES TEMPORAIS ASSOCIADOS A VARIÁVEIS
CLIMÁTICAS EM RHINELLA DIPTYCHA E PHYSALAEMUS CUVIERI NO
CERRADO GOIANO**

RIO VERDE – GO

2025

GUSTAVO DA CRUZ CORDEIRO

**ATIVIDADES ACÚSTICA DIÁRIA E SAZONAL DE *RHINELLA DIPTYCHA* E
PHYSALAEMUS CUVIERI DUAS ESPÉCIES DE ANUROS DO CERRADO**

Trabalho de curso (TC2) apresentado ao curso de Bacharelado em Ciências Biológicas do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas, sob orientação do Prof. Dr. Alessandro Ribeiro De Moraes .

RIO VERDE – GO

2025

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

C794a Cordeiro, Gustavo da Cruz
ATIVIDADE ACÚSTICA E PADRÕES TEMPORAIS
ASSOCIADOS A VARIÁVEIS CLIMÁTICAS EM RHINELLA
DIPTYCHA E PHYSALAEMUS CUVIERI NO CERRADO
GOIANO / Gustavo da Cruz Cordeiro. Rio Verde 2026.

31f. il.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Ribeiro De Moraes.
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0223053 -
Bacharelado em Ciências Biológicas - Integral - Rio Verde
(Campus Rio Verde).

I. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Gustavo da Cruz Cordeiro

Matrícula: 2021102230540026

Título do Trabalho: Atividade acústica e padrões temporais associados a variáveis climáticas em *Rhinella diptycha* e *Physalaemus cuvieri* no Cerrado goiano

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 16 / 01 / 2026

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

_____ Rio Verde _____, 17/12/2025_.
Local Data

Documento assinado digitalmente
gov.br GUSTAVO DA CRUZ CORDEIRO
Data: 17/12/2025 16:29:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Documento assinado digitalmente
gov.br ALESSANDRO RIBEIRO DE MORAIS
Data: 16/01/2026 08:10:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do(a) orientador(a)

Regulamento de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – IF Goiano - Campus Rio Verde

ANEXO V - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 17 dias do mês de dezembro de dois mil e vinte e cinco, às 14:00 horas, reuniu-se a Banca Examinadora composta por: Prof. Dr. Alessandro Ribeiro de Moraes (orientador), Me. Ana Clara Moreira de Melo e Me. Helbert Sansão Barbosa, para examinar o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC 2) intitulado “Atividade acústica diária e sazonal de *Rhinella diptycha* e *Physalaemus cuvieri*, duas espécies de anuros do cerrado” de Gustavo da Cruz Cordeiro, estudante do curso de bacharelado em Ciências Biológicas do IF Goiano – Campus Rio Verde, sob Matrícula nº 2021102230540026. A palavra foi concedida ao(à) estudante para a apresentação oral do TC, em seguida houve arguição do candidato pelos membros da Banca Examinadora. Após tal etapa, a Banca Examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que, após apresentação da versão corrigida do TC, foi assinada pelos membros da Banca Examinadora.

Rio Verde, 17 de dezembro de 2025.

(Assinado eletronicamente)

Alessandro Ribeiro de Moraes

Orientador

(Assinado eletronicamente)

Ana Clara Moreira de Melo

Membro da Banca Examinadora

(Assinado eletronicamente)

Helber Sansão Barbosa

Membro da Banca Examinadora

Observação:

Para o caso de REAPRESENTAÇÃO, tem-se no trecho final da Ata a seguinte redação:

“Após tal etapa, a Banca Examinadora decidiu pela **REAPRESENTAÇÃO** do TCC. Desta forma, o estudante deve realizar correções e adequações no trabalho e apresentá-lo novamente em até XX dias, contados a partir de hoje (XX/XX/XXX). Nesta nova oportunidade, após avaliação da banca examinadora, o estudante poderá ser APROVADO ou REPROVADO, não havendo possibilidade de outra reapresentação. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que foi assinada pelos membros da Banca Examinadora e Responsável de TCC.”

Para o caso de REPROVAÇÃO, tem-se no trecho final da Ata a seguinte redação:

“Após tal etapa, a Banca Examinadora decidiu pela **REPROVAÇÃO** do(a) estudante. Desta forma, o estudante deverá realizar o desenvolvimento e defesa de novo TCC no próximo semestre. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que foi assinada pelos membros da Banca Examinadora e Responsável de TCC.”

Documento assinado eletronicamente por:

- **Alessandro Ribeiro de Moraes**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 18/12/2025 08:17:20.
- **Helbert Sansão Barbosa**, 2025202325440012 - Discente, em 15/01/2026 09:49:00.
- **Ana Clara Moreira de Melo**, 2025202325440013 - Discente, em 15/01/2026 14:47:22.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 18/12/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 776069

Código de Autenticação: 68d73c99e0



AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe, Ivanilde, e ao meu padrasto, Tomé, pelo sustento e por todo o apoio, me permitindo concluir esta graduação.

À minha namorada Isabella, meu xuxu, que conheci durante a graduação e que esteve ao meu lado como parceira em toda essa jornada.

Aos amigos que fiz ao longo do curso, tanto no laboratório quanto na sala de aula, pelo companheirismo e ajuda nos momentos necessários.

Agradeço ao Tainã e Ana Clara pelo auxílio na elaboração deste TCC. À equipe do LEESV e do PELD, pelo apoio fundamental ao desenvolvimento desta pesquisa.

Ao IF Goiano, pelo ensino de qualidade e pelo apoio financeiro. Também ao PIBIC e ao CNPq, pelo financiamento durante minhas iniciações científicas.

E, por fim, ao meu orientador Alessandro, pela oportunidade e orientação ao longo deste trabalho.

Muito obrigado a todos!

RESUMO

A comunicação acústica é crucial para a reprodução e comportamento de anfíbios anuros. Este estudo investigou os padrões de atividade vocal diária e sazonal de *Rhinella diptycha* e *Physalaemus cuvieri* no Cerrado, bem como a influência da temperatura e umidade relativa do ar sobre sua ocorrência. Utilizando monitoramento acústico passivo, entre janeiro de 2021 e janeiro de 2022, na área de Aporé-GO, transição Cerrado-Mata Atlântica. Foram analisadas gravações noturnas mediante estatística circular e modelos de regressão logística. Os resultados revelaram padrões distintos: *P. cuvieri* exibiu atividade vocal concentrada no verão (janeiro-fevereiro), com pico consistente às ~22h, enquanto *R. diptycha* apresentou maior plasticidade, com pico entre agosto e outubro e deslocamento progressivo do horário de pico (20h44 às 22h39). A probabilidade de vocalização de *P. cuvieri* aumentou significativamente com temperatura ($\beta = 0,043$; $p < 0,001$) e umidade ($\beta = 0,053$; $p < 0,001$), padrão condizente com a dependência de condições úmidas. Já *R. diptycha* mostrou uma resposta positiva três vezes mais forte à temperatura ($\beta = 0,125$; $p < 0,001$), mas uma relação negativa com a umidade ($\beta = -0,050$; $p < 0,001$), refletindo suas adaptações morfológicas para tolerância a ambientes secos. Conclui-se que as espécies possuem estratégias fenológicas e fisiológicas distintas, com *P. cuvieri* mais dependente de condições úmidas e *R. diptycha* mais tolerante à seca. Tais diferenças implicam vulnerabilidades distintas frente às mudanças climáticas, sendo *P. cuvieri* potencialmente mais ameaçada por alterações nos regimes de precipitação.

Palavras-chave: Cantos de anúncio, Sudoeste goiano, Variáveis climáticas.

ABSTRACT

Acoustic communication is crucial for the reproduction and behavior of anuran amphibians. This study investigated the daily and seasonal vocal activity patterns of *Rhinella diptycha* and *Physalaemus cuvieri* in the Cerrado, as well as the influence of air temperature and relative humidity on their occurrence. Using passive acoustic monitoring between January 2021 and January 2022 in the Aporé-GO area, a Cerrado-Atlantic Forest transition zone, nocturnal recordings were analyzed using circular statistics and logistic regression models. The results revealed distinct patterns: *P. cuvieri* exhibited vocal activity concentrated in the summer (January-February), with a consistent peak around 22:00 h. In contrast, *R. diptycha* showed greater plasticity, with peak activity between August and October and a progressive shift in peak time (from 20:44 to 22:39 h). The probability of vocalization for *P. cuvieri* increased significantly with temperature ($\beta = 0.043$; $p < 0.001$) and humidity ($\beta = 0.053$; $p < 0.001$), a pattern consistent with a dependence on humid conditions. Conversely, *R. diptycha* showed a response to temperature three times stronger ($\beta = 0.125$; $p < 0.001$) but a negative relationship with humidity ($\beta = -0.050$; $p < 0.001$), reflecting its morphological adaptations for tolerance to drier environments. It is concluded that the species possess distinct phenological and physiological strategies, with *P. cuvieri* being more dependent on humid conditions and *R. diptycha* more tolerant to drought. These differences imply distinct vulnerabilities to climate change, with *P. cuvieri* being potentially more threatened by alterations in precipitation regimes.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	01
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	04
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	06
4. CONCLUSÃO.....	14
5. REFERÊNCIAS.....	15

1. INTRODUÇÃO

A comunicação acústica é fundamental para múltiplos grupos taxonômicos (Bradbury & Vehrencamp, 1998; Gerhardt e Huber, 2002). Isto é um fato para os anfíbios anuros, pois está amplamente difundida neste grupo e está envolvida nos processos de reconhecimento específico e seleção sexual (Ryan, 1986, 2001). Portanto, as vocalizações representam um traço fundamental na biologia reprodutiva destes animais, sendo a vocalização de anúncio a mais bem documentada para os anfíbios anuros (Wells, 2007; Toledo et al., 2014). Os estudos bioacústicos envolvendo esses animais incluem diversas áreas de conhecimento, tais como: comportamento, ecologia, evolução, taxonomia e sistemática (Ryan, 2001; Wells, 2007; Laiolo, 2010; Erdtmann et al., 2011; Bee et al., 2013; Faria et al., 2013; Tárano e Fuenmayor, 2013).

Além do reconhecimento individual, as vocalizações emitidas por anuros também desempenham um papel fundamental em um contexto territorial, tais como: manutenção do espaçamento entre machos (Bastos e Haddad, 2002; Morais et al., 2012), avaliação da habilidade de briga (Morais et al., 2015), efeito do inimigo querido (Bee, 2003; Feng et al., 2009) e o processo de habituação (Bee, 2001; Bee e Gerhardt, 2001). Diante disto, sabe-se que as vocalizações representam um importante mecanismo que permite mediar as interações intra e interespecíficas em anuros (Wells, 1988; Gerhardt e Huber, 2002). Os machos de anuros alteram o seu comportamento acústico em resposta à proximidade de seus oponentes (Wells e Schwartz, 1984; Wells, 1988; Stewart e Bishop, 1994; Owen e Gordon, 2005; Bastos et al., 2011).

O Cerrado, em especial, é um ambiente formado por áreas abertas e também por florestas (Ribeiro & Walter, 2008) e que possui alta diversidade de espécies de anfíbios (~250 espécies; Ribeiro et al., 2020), mas que tem sido negligenciado, ao longo dos anos, pelas políticas públicas não associadas a medidas complementares de conservação (Strassburg et al., 2017). Tanto é verdade que o Cerrado sofre ameaças diversas, principalmente devido à expansão da agropecuária. Como consequência, há problemas diversos, tais como, perda e fragmentação de habitats, o que provoca declínios nas populações das espécies nativas, redução na diversidade genética e até extinções de espécies (Keely et al., 2015).

Nas últimas décadas, tem-se registrado o declínio de diversas populações de anfíbios em todo o mundo (Pyron, 2018; Rebouças et al., 2021). Dentre as possíveis causas, estão perturbações climáticas e influências locais, tais como a perda e fragmentação dos habitats (Ribeiro et al. 2020), contaminação de corpos d'água por pesticidas e fertilizantes (Harfenist et al., 1989; Hecnar, 1995) e a quitridiomiose, uma doença causada pelo fungo *Batrachochytrium dendrobatidis* (O'Hanlon et al., 2018). A expansão das atividades de agropecuárias requer atenção, pois interfere nas populações e comunidade de anfíbios, uma vez que: 1) acarreta na substituição de ambientes naturais em monoculturas (Siqueira & Faria, 2019), 2) fragmenta os habitats naturais, com conseqüente diminuição de conectividade entre os fragmentos e isolamento das populações (Signorelli et al. 2016) e/ou 3) a contaminação dos corpos d'água pelo uso excessivo de agroquímicos, comprometendo o desenvolvimento ou mesmo causando danos genéticos nos indivíduos (Borges et al. 2019). Assim, tais impactos podem afetar os parâmetros demográficos das populações de anfíbios inseridas nos ambientes de agropecuária, contribuindo para o seu declínio e conseqüente extinção (Signorelli et al., 2016; Ribeiro et al., 2017; Ramalho et al., 2022).

Esse cenário é mais sombrio em algumas regiões do planeta (p.ex. Neotropical), pois as inúmeras lacunas de conhecimento a respeito das espécies podem comprometer as ações de conservação e manejo. O Brasil é um bom exemplo, pois apesar de ser o país com a maior diversidade de espécies de anfíbios no mundo (Segalla et al., 2021), pouco se sabe a respeito desse grupo, especialmente diante das alterações antrópicas. Conhecer a biodiversidade regional é um dos primeiros passos para o desenvolvimento de planos de conservação mais efetivos (RIBEIRO et al., 2020), no entanto, tem havido um cenário desfavorável para a conservação da biodiversidade no Brasil. Isso é particularmente verdade, pois, além do sucateamento das instituições ambientais (p.ex. ICMBio, IBAMA), o atual código florestal é ineficiente em manter áreas cobertas por vegetação nativa, especialmente no Cerrado, pois apenas 20% das áreas naturais dentro de propriedades privadas devem ser preservadas na forma de reserva legal (STRASSBURG et al., 2017).

A espécie *Rhinella diptycha* (Bufonidae) foi anteriormente classificada dentro do grupo *Rhinella marina* e era conhecida regionalmente como *R. schneideri*

(Sudeste) e *R. jimí* (Nordeste) (PEREYRA et al., 2021; STEVAUX, 2002). De hábito predominantemente terrestre e noturno, é comumente encontrada em áreas abertas e urbanizadas (DUELLMAN; TRUEB, 1994; PRAMUK, 2006). Sua pele é espessa, verrugosa e possui glândulas especializadas no armazenamento de água e substâncias lipídicas (STEVAUX, 2002). Essa adaptação permite que a espécie realize incursões de longa distância independente de corpos d'água próximos, tornando-a um modelo de estudo ideal para investigar os efeitos de temperatura e umidade de anfíbios que, apesar de dependentes da água, conseguem explorar ambientes mais secos.

A outra espécie que se mostra um excelente modelo para estudos ecofisiológicos no Cerrado é *Physalaemus cuvieri* (Leptodactylidae). Assim como *R. diptycha*, esta espécie exibe considerável tolerância a ambientes alterados. No entanto, enquanto a primeira apresenta adaptações morfológicas para resistir à dessecação, *P. cuvieri* demonstra notável plasticidade comportamental em resposta às variáveis climáticas. Estudos recentes utilizando monitoramento acústico passivo têm revelado que a atividade vocal de *P. cuvieri* – fundamental para seu sucesso reprodutivo – é fortemente influenciada pela temperatura, com picos de canto registrados nos horários mais quentes do início da noite (DE SOUZA et al., 2023). Essa relação é um exemplo clássico da dependência termal em anuros ectotérmicos (Wells, 2007). A investigação conjunta de espécies com adaptações distintas, como *R. diptycha* e *P. cuvieri*, permite uma visão mais integrada sobre como diferentes grupos de anfíbios respondem às mudanças ambientais, fornecendo subsídios essenciais para estratégias de conservação frente às alterações climáticas e à perda de habitat no Cerrado.

O objetivo geral deste estudo foi descrever a atividade acústica diária e sazonal de *Rhinella diptycha* e *Physalaemus cuvieri*, duas espécies de anuros do Cerrado, buscando responder às seguintes questões: qual é o padrão de atividade noturno destas espécies? Essa atividade é influenciada por parâmetros climáticos, como temperatura e umidade relativa do ar?

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os trabalhos de campo do presente estudo foram realizados em uma região que é caracterizada por ser uma transição Cerrado-Mata Atlântica, a qual se situa no município de Aporé, 18°54'53.6"S 51°40'39.7"W , extremo sul do estado de Goiás. Essa é uma das áreas alvo do projeto intitulado “Inventário, monitoramento e ecologia da biota em savanas e florestas do Cerrado em Goiás: novas áreas para conservação e manejo de ecossistemas” (sítio PELD-CEMA). Além de vegetação típica de Cerrado, a região também abrange os últimos remanescentes de Mata Atlântica no estado de Goiás. Essa é uma área de considerável heterogeneidade, a qual abriga elevada riqueza de espécies (Melo et al. 2013). O clima da região é do tipo Aw (Köppen, 1948), com uma estação seca (abril a setembro) e uma chuvosa (outubro a março), temperatura média de 30°C e precipitação média anual de 1486 mm (Melo et al. 2013).

As amostragens ocorreram entre os meses de janeiro e fevereiro de 2021 e junho de 2021 a janeiro de 2022. Nesse período, a amostragem compreendeu os períodos de seca (abril a setembro) e chuvosa (outubro a março) que é uma característica marcante do Cerrado. A amostragem foi conduzida em um corpo d'água que está inserido em uma paisagem dominada por pastagem, mas que também possui alguns remanescentes de floresta nativa. Para isto, foi usado um dispositivo de monitoramento acústico passivo (Passive Acoustic Monitoring - PAM). Esse dispositivo de monitoramento consiste em um Áudio-Gravador Tigrinus@GT001-T1.0V (<http://www.tigrinus.com.br/gravador-de-udio>), o qual é composto por um gravador TASCAM® modelo DR-05. As gravações foram realizadas em arquivo WAV e com 16 bits de resolução. O dispositivo de monitoramento acústico permaneceu ativo durante o período descrito acima e realizou gravações de áudio com duração de 1 minuto a cada 30 minutos, durante a noite (18:00 às 06:00), totalizando 2 minutos por hora. Adicionalmente, considerando o intervalo de gravação descrito acima, foi mensurada a temperatura e também a umidade do ar no ponto amostrado pelo gravador, por meio de dataloggers (Marca: Hgmed; Modelo: HMS-305). Para conferir proteção aos dispositivos de monitoramento e também aos dataloggers, estes foram fixados em árvores a uma altura de 1,5 m, esses dados foram complementados com a base de dados da Nasa Power, onde

foram retirados os dados de temperatura e umidade. A identificação das espécies nos corpos d'água amostrados ocorreram através das suas respectivas vocalizações (cantos de anúncio), para isso foi utilizado o software Raven 1.6. A identificação das vocalizações foi baseada na literatura especializada, assim como na comparação de arquivos de áudio que estão depositados nas fonotecas do Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, e Universidade Federal de Goiás Campus Samambaia.

O protocolo de amostragem baseou-se em monitoramento acústico passivo com gravações contínuas de 24 horas, permitindo a caracterização do comportamento acústico das espécies de anuros em escalas diária e sazonal. As análises dos registros sonoros foram realizadas mediante software especializado (Raven,): Para caracterizar o padrão temporal de atividade acústica, os horários de registro foram convertidos para coordenadas angulares em um ciclo de 24 horas ($0^\circ = 00h$; $360^\circ = 24h$). A partir desses dados, calculou-se a média circular para representar o horário médio de pico de atividade vocal para cada espécie e mês. Gráficos circulares (polares) foram utilizados para ilustração visual da distribuição da atividade ao longo do dia. O período completo de atividade (início e fim) e a intensidade de vocalização (contagem total de registros) também foram descritos. Estas análises descritivas e gráficas foram realizadas com um script em Python, utilizando as bibliotecas pandas, numpy, scipy.stats e matplotlib

Para testar a influência das variáveis climáticas na atividade vocal, utilizou-se regressão logística binomial. A variável resposta foi a presença ou ausência de vocalização da espécie em cada hora amostrada (dado binário). As variáveis preditoras analisadas foram a temperatura do ar e a umidade relativa do ar. Para evitar colinearidade, modelos separados foram ajustados para cada variável ambiental e para cada espécie (*Rhinella diptycha* e *Physalaemus cuvieri*), totalizando quatro modelos. A adequação dos modelos foi verificada por análise de resíduos e testes de linearidade. Todas as análises de regressão logística foram conduzidas no ambiente R, utilizando o pacote glmmTMB.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O esforço amostral foi de 5.700 minutos (ou 95 horas de gravação). O monitoramento acústico passivo, analisado através de estatística circular, revelou padrões temporais de vocalização distintos para as duas espécies de anuros estudadas, *Physalaemus cuvieri* e *Rhinella diptycha*, com particular destaque para as diferenças em suas estratégias sazonais.

3.1. Padrão de Atividade de *Physalaemus cuvieri*

Para *P. cuvieri*, esteve ativo apenas nos meses de janeiro e fevereiro de 2021 evidenciaram um padrão de vocalização noturno consistente, teve atividade registrada em todos os horários noturnos (**Figura 1**). A espécie iniciou sua atividade sonora às 19:00 h, estendendo-a até as 03:00 h em Janeiro e até as 04:30 h em Fevereiro. A análise circular demonstrou uma notável estabilidade no horário de pico de atividade entre os meses, com a média circular situando-se em $330,17^\circ$ (22:01 h) em Janeiro e $330,48^\circ$ (22:02 h) em Fevereiro. Este resultado indica um pico de vocalização altamente sincronizado e previsível durante a noite. Ademais, o maior número total de observações (N = 129) e a maior duração da atividade em Fevereiro sugerem um possível aumento na intensidade ou no período de atividade reprodutiva neste mês em comparação a Janeiro (N = 103). É crucial ressaltar, porém, que a ausência de dados dos meses subsequentes de março, abril e maio, um período crítico de transição para a estação seca, impede uma compreensão abrangente do ciclo anual de atividade da espécie.

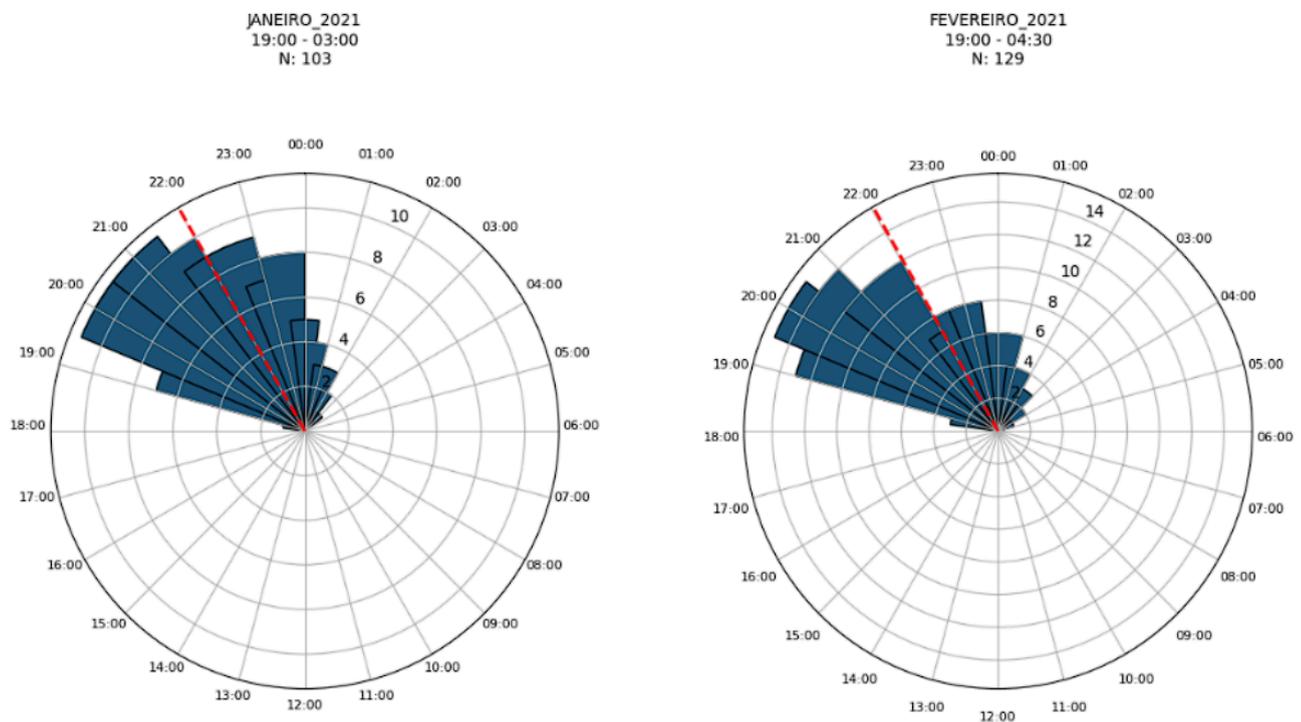


Figura 1. Padrão de atividade vocal de *Physalaemus cuvieri* nos meses de janeiro e fevereiro de 2021. A linha tracejada representa a atividade vocal média diária ao longo do período. Os dados foram coletados no município de Aporé, estado de Goiás, nas coordenadas 18°54'53.6"S 51°40'39.7"W.

3.2. Padrão de Atividade de *Rhinella diptycha*

Em contraste com a consistência observada em *P. cuvieri*, *R. diptycha* exibiu uma considerável variação sazonal em seu padrão de vocalização entre Agosto e Novembro de 2021 conforme ilustrado no gráfico (**Figura 2**). Nos meses de Agosto, Setembro e Outubro, a espécie manteve um período de atividade prolongado, iniciando às 19:00 h até 05:00 h. No entanto, o horário de pico, determinado pela média circular, apresentou uma progressão notável, ocorrendo cada vez mais tarde: 311,03° (20:44 h) em Agosto, 328,11° (21:52 h) em Setembro e 339,80° (22:39 h) em Outubro.

Um padrão radicalmente distinto foi registrado em Novembro, caracterizado por um curto período de atividade (19:30 h às 22:30 h) e um número drasticamente reduzido de observações (N = 7). Este resultado indica que Novembro não constitui um período de intensa atividade vocal para a espécie, possivelmente representando eventos isolados de vocalização fora do pico reprodutivo principal.

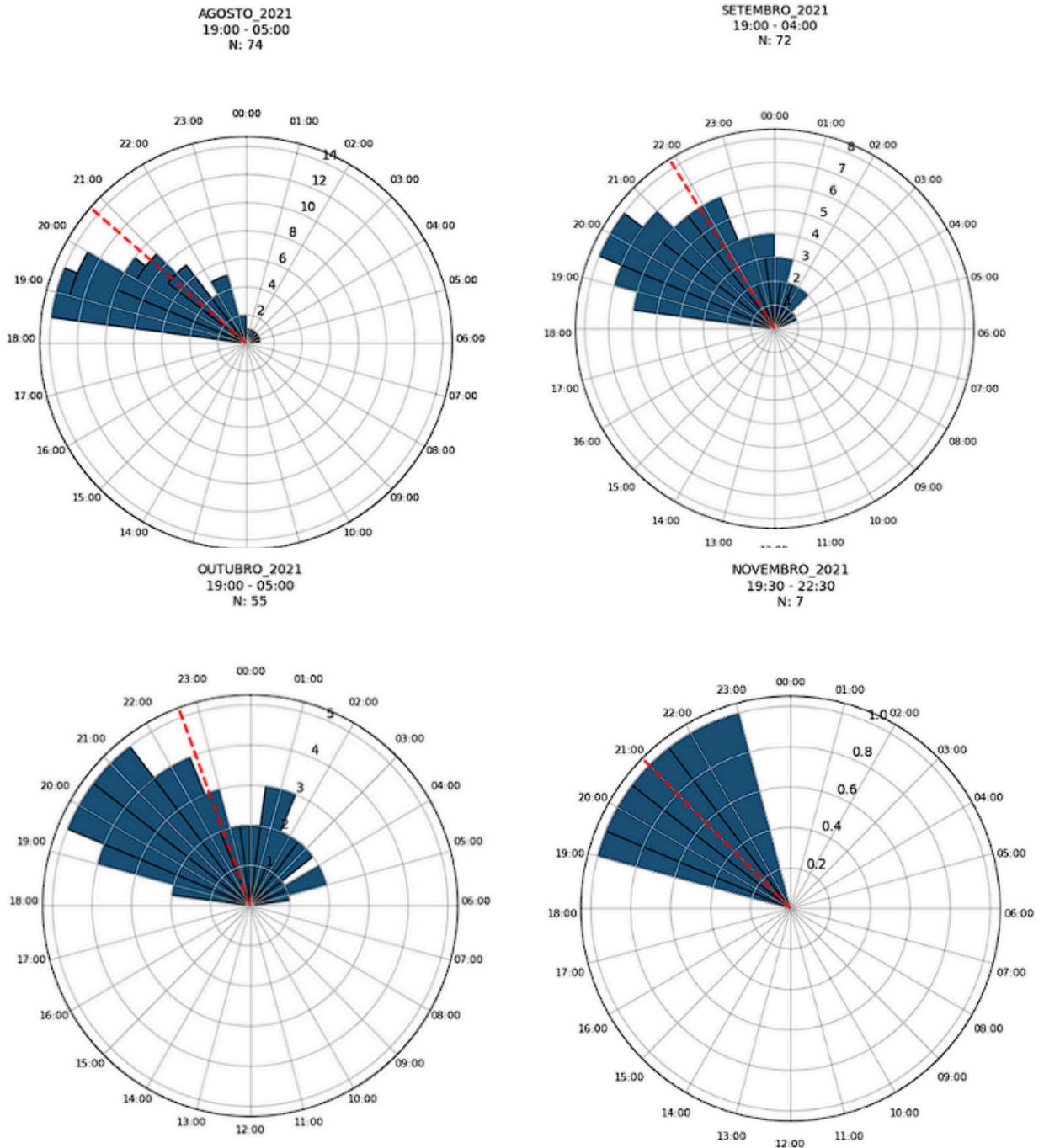


Figura 2. Padrão de atividade vocal de *Rhinella diptycha* nos meses de agosto, setembro, outubro e novembro de 2021. A linha tracejada representa a

atividade vocal média diária ao longo do período. Os dados foram coletados no município de Aporé, estado de Goiás, nas coordenadas 18°54'53.6"S 51°40'39.7"W.

3.3. Comparação entre as Espécies

A comparação direta dos padrões das duas espécies revela estratégias fenológicas distintas. Enquanto *P. cuvieri* exibiu um pico reprodutivo de verão (Janeiro/Fevereiro) com horário de vocalização rigidamente fixo, *R. diptycha* mostrou maior plasticidade temporal, com seu pico de atividade ocorrendo entre o final do inverno e a primavera (Agosto a Outubro), acompanhado de um deslocamento progressivo do horário de pico. Os resultados mostram que, apesar de ativas em estações diferentes, as espécies apresentam picos de canto em horários noturnos muito próximos (*R. diptycha* em outubro: 22h39; *P. cuvieri* em jan/fev: ~22h01). Isso indica que a coexistência na área de estudo não é mediada por um particionamento temporal horário estrito, sugerindo a atuação de outros mecanismos de isolamento.

3.4 Padrões de Ocorrência em Relação às Variáveis Ambientais

Os modelos de regressão logística revelaram padrões de influência das variáveis ambientais sobre a atividade das espécies de anfíbios em relação às variáveis ambientais analisadas (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros dos modelos de regressão logística para a probabilidade de ocorrência de *Physalaemus cuvieri* e *Rhinella diptycha* em função de variáveis ambientais. Coeficientes positivos indicam aumento na probabilidade de ocorrência com o incremento da variável preditora, enquanto coeficientes negativos indicam diminuição. SE = erro padrão. Valores de $p < 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos.

Espécie	Variável	Coeficiente	Erro padrão	z Valor	Valor-p
<i>Physalaemus cuvieri</i>	Temperatura	0,043	0,010	4,166	<0,001
<i>Physalaemus cuvieri</i>	Umidade	0,053	0,006	9,030	<0,001
<i>Rhinella diptycha</i>	Temperatura	0,125	0,012	10,740	<0,001
<i>Rhinella diptycha</i>	Umidade	-0,050	0,003	-15,500	<0,001

Para *Physalaemus cuvieri*, ambas as variáveis ambientais apresentaram efeitos positivos e estatisticamente significativos na probabilidade de ocorrência, conforme ilustrado na figura 3. O menor valor de AIC para o modelo com umidade (AIC = 1823,4) em comparação com o modelo de temperatura (AIC = 1925,8) sugere que a umidade é um preditor mais importante para a ocorrência desta espécie em escala local. Este resultado determinante para a atividade acústica de *P. cuvieri*, enquanto a umidade relativa não apresentou influência significativa (BITTAR et al., 2023) . Essa aparente contradição pode ser explicada pela diferença de escala e desenho amostral entre os estudos.

Em nível local, dentro de uma mesma região, a variação de umidade entre micro-habitats e noites pode ser o fator limitante imediato para a decisão do animal de vocalizar. Em contrapartida, em escala regional, a temperatura varia de forma mais pronunciada entre localidades e constitui um filtro ambiental mais amplo, influenciando a fenologia geral e a janela de atividade da espécie. A forte resposta positiva à temperatura em nosso estudo ($\beta = 0,043$) está alinhada com o padrão geral de dependência térmica em anuros ectotérmicos, mas o efeito ainda mais forte da umidade ressalta a importância das condições microclimáticas locais para a atividade reprodutiva imediata. Este dado é crucial para previsões em cenários de mudança climática, pois sugere que, embora o padrão fenológico geral da espécie possa acompanhar tendências térmicas mais amplas (BITTAR et al., 2023), o sucesso reprodutivo em nível populacional local pode ser severamente comprometido por eventos de seca ou redução na umidade relativa, mesmo dentro da janela térmica adequada.

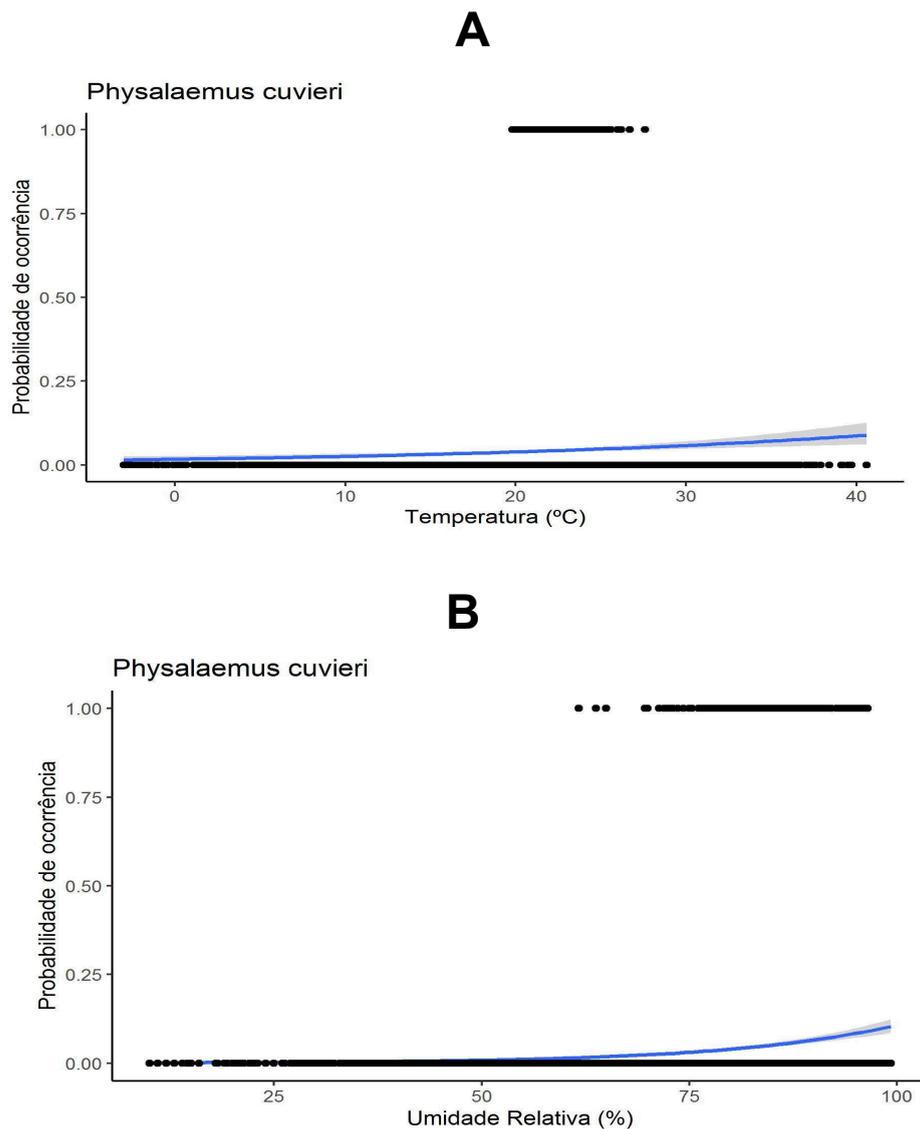


Figura 3. Relação entre a probabilidade de ocorrência de *Physalaemus cuvieri* e as variáveis ambientais (A) Temperatura (°C) e (B) Umidade Relativa do Ar (%). As curvas sólidas representam a probabilidade prevista pelo modelo, e as áreas sombreadas, os intervalos de confiança de 95%. Todos os termos foram estatisticamente significativos ($p < 0,001$).

Para *Rhinella diptycha*, os padrões foram marcadamente diferentes. A espécie apresentou uma forte resposta positiva à temperatura ($\beta = 0,125$; $z = 10,740$; $p < 0,001$), com cada aumento de 1°C resultando em um expressivo aumento de 13,3% nas chances de ocorrência (OR = 1,133). Em contraste, a umidade relativa mostrou uma relação negativa significativa ($\beta = -0,050$; $z = -15,500$;

$p < 0,001$), onde cada aumento de 1% na umidade diminui as chances de ocorrência em 4,8% (OR = 0,952). O modelo com umidade apresentou o melhor ajuste (AIC = 1542,1), seguido pelo modelo com temperatura (AIC = 1666,0).

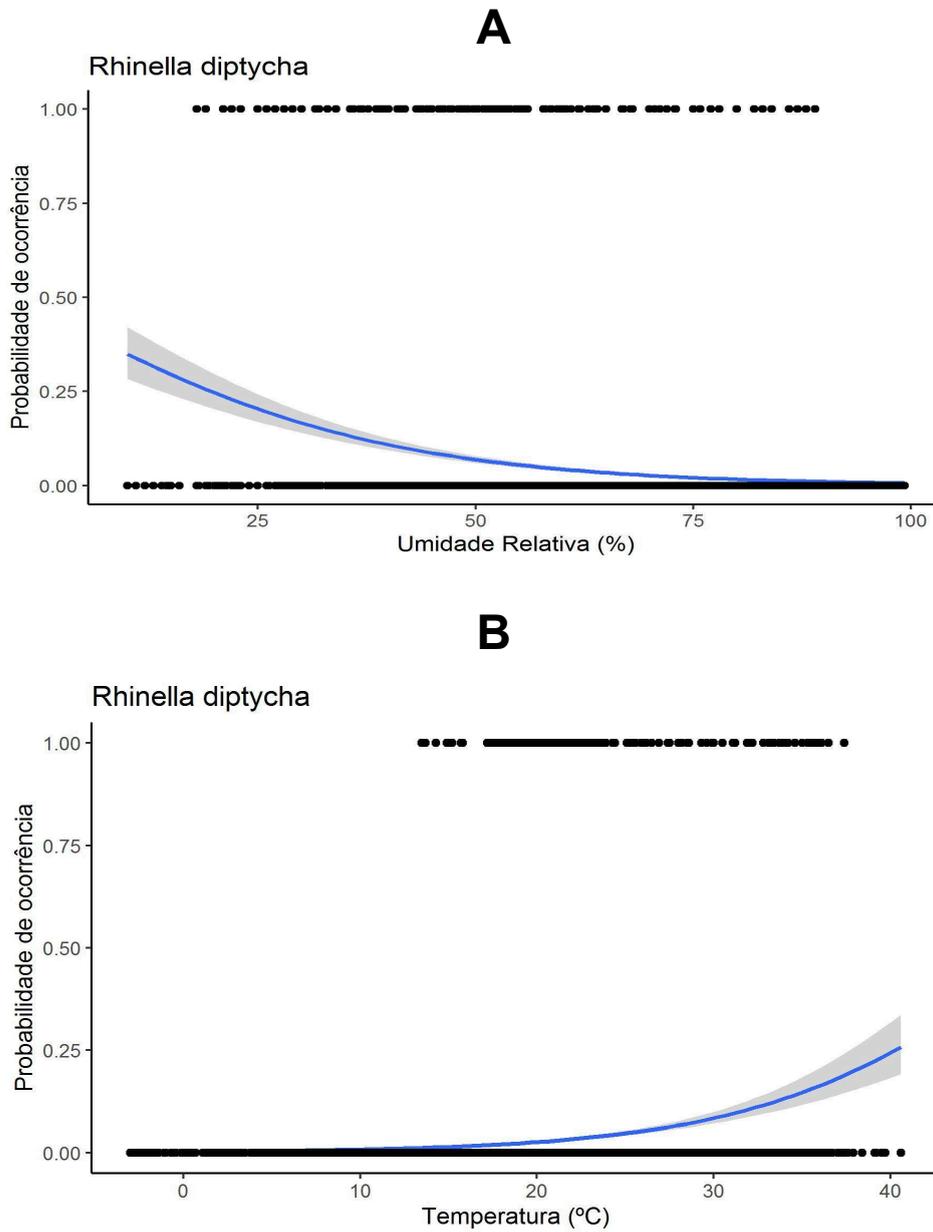


Figura 4. Relação entre a probabilidade de ocorrência de *Rhinella diptycha* e as variáveis ambientais (A) Temperatura (°C) e (B) Umidade Relativa do Ar (%). A curva em (A) ilustra a relação positiva significativa, enquanto a curva em (B) evidencia a relação negativa com a umidade. As áreas sombreadas representam os intervalos de confiança de 95%. Todos os termos foram estatisticamente

significativos ($p < 0,001$). O menor valor de AIC para o modelo de umidade indica seu melhor desempenho preditivo.

3.5. Divergência Ecológica entre Espécies

A análise comparativa revelou uma notável divergência nas respostas ecológicas entre as duas espécies. Enquanto *P. cuvieri* respondeu positivamente a ambas as variáveis ambientais, *R. diptycha* demonstrou uma resposta positiva à temperatura mas negativa à umidade, sugerindo preferência por meses mais secos. A magnitude das respostas também diferiu substancialmente, com *R. diptycha* mostrando uma sensibilidade aproximadamente três vezes maior às variações de temperatura em comparação com *P. cuvieri*.

Estes resultados indicam nichos ecológicos distintos entre as espécies, com *P. cuvieri* preferindo ambientes quentes e úmidos, típicos da maioria dos anfíbios, enquanto *R. diptycha* demonstra adaptações que permitem sua ocorrência em condições mais secas, possivelmente refletindo diferenças em estratégias fisiológicas e comportamentais frente à dessecação. A análise comparativa revelou uma notável divergência nas respostas ecológicas entre as duas espécies. Enquanto *P. cuvieri* respondeu positivamente a ambas as variáveis ambientais, um padrão comumente observado em anuros devido à sua pele permeável e alta susceptibilidade à dessecação (WELLS, 2007).

A magnitude das respostas também diferiu substancialmente, com *R. diptycha* mostrando uma sensibilidade aproximadamente três vezes maior às variações de temperatura em comparação com *P. cuvieri*. Essa alta sensibilidade térmica pode estar ligada a taxas metabólicas ou a uma janela térmica ótima mais estreita para atividades como o forrageio e a vocalização (NAVAS; OTANI, 2007).

A tolerância a ambientes menos úmidos é uma característica conhecida em espécies do gênero *Rhinella*, que frequentemente possuem glândulas parotóides proeminentes e uma pele mais queratinizada, auxiliando na redução da perda de água (TOLEDO; JARED, 1995). Tal plasticidade ecológica pode facilitar a coexistência dessas espécies em uma mesma paisagem através do particionamento de microhabitats (DUELLMAN; TRUEB, 1994).

4. CONCLUSÃO

Este estudo evidencia que as mudanças climáticas representam uma ameaça diferenciada para as espécies de anuros, conforme demonstrado pelas respostas ecológicas contrastantes de *Physalaemus cuvieri* e *Rhinella diptycha*. A dependência crítica de *P. cuvieri* por condições de alta umidade e sua fenologia reprodutiva rigidamente sincronizada com o período chuvoso a tornam particularmente vulnerável às alterações nos regimes de precipitação e ao aumento de temperaturas. Esta vulnerabilidade pode ser ainda maior do que a detectada neste trabalho, uma vez que a ausência de gravações nos meses de março a maio - período crucial de transição para a estação seca - impede uma avaliação completa de como a espécie responde ao definhamento progressivo dos corpos d'água e ao aumento do estresse hídrico no final do seu ciclo reprodutivo. Em contrapartida, *R. diptycha* demonstra um perfil mais resiliente, com sua tolerância a condições mais secas e plasticidade temporal, conferindo-lhe vantagens em um cenário de clima alterado. Contudo, sua notável sensibilidade às variações térmica revela que mesmo espécies mais adaptáveis enfrentarão pressões seletivas significativas. Dessa forma, as mudanças climáticas atuarão como um agente filtrador, podendo levar a uma reconfiguração das comunidades de anuros onde espécies generalistas e tolerantes à dessecação se tornarão progressivamente mais dominantes.

5. REFERÊNCIAS

ANDERSON, David R.; BURNHAM, Kenneth P. Avoiding pitfalls when using information-theoretic methods. **The Journal of Wildlife Management**, p. 912-918, 2002.

BASTOS, R. P.; ALCANTARA, M. B.; MORAIS, A. R.; LINGNAU, R.; SIGNORELLI, L. Vocal behaviour and conspecific call response in *Scinax centralis*. **The Herpetological Journal**, v. 21, n. 1, p. 43–50, 2011.

BASTOS, R. P.; HADDAD, C. F. B. Acoustic and aggressive interactions in *Scinax rizibilis* (Anura: Hylidae) during reproductive activity in southeastern Brazil. **Amphibia-Reptilia**, v. 23, p. 97-104, 2002.

BEE, M. A. Habituation and sensitization of aggression in bullfrogs (*Rana catesbeiana*): Testing the dual-process theory of habituation. **Journal of Comparative Psychology**, v. 115, p. 307-316, 2001.

BEE, M. A. A test of the “dear enemy effect” in the strawberry dart-poison frog (*Dendrobates pulmilio*). **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 54, p. 601-610, 2003.

BEE, M. A.; GERHARDT, H. C. Habituation as a mechanism of reduced aggression between adjacently territorial male bullfrogs (*Rana catesbeiana*). **Journal of Comparative Psychology**, v. 115, p. 68-82, 2001.

BEE, M. A.; KOZICH, C. E.; BLACKWELL, K. J.; GERHARDT, H. C. Individual variation in advertisement calls of territorial male green frogs, *Rana clamitans*: Implications for individual discrimination. **Ethology**, v. 107, n. 1, p. 65-84, 2001.

BEE, M. A.; PERRILL, S. A.; OWEN, P. C. Male green frogs lower the pitch of acoustic signals in defense of territories: a possible dishonest signal of size? **Behavioral Ecology**, v. 11, p. 169-177, 2000.

BEE, M. A.; SCHWARTZ, J. J.; SUMMERS, K. All's well that begins Wells: celebrating 60 years of Animal Behaviour and 36 years of anuran social behaviour. **Animal Behaviour**, v. 85, p. 5-18, 2013.

BRADBURY, J. W.; VEHRENCAMP, S. L. Principles of Animal Communication. **Massachusetts: Sinauer**, 1998. 697 p.

BRIGGS, V. S. Call trait variation in Morelett's tree frog, *Agalychnis moreletii*, of Belize. **Herpetologica**, v. 66, n. 3, p. 241-249, 2010.

BITTAR, Bruno B. et al. The acoustic activity of *Physalaemus cuvieri* (Anura Leptodactylidae) is strongly influenced by climatic conditions, but not by latitude or landscape metrics. **Ethology Ecology & Evolution**, v. 36, n. 2, p. 232-244, 2024.

BURNHAM, Kenneth P.; ANDERSON, David R.; HUYVAERT, Kathryn P. AIC model selection and multimodel inference in behavioral ecology: some background, observations, and comparisons. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 65, p. 23-35, 2011.

DUELLMAN, William E.; TRUEB, Linda. **Biology of amphibians**. JHU press, 1994.
NAVAS, Carlos A.; OTANI, Lye. Physiology, environmental change, and anuran conservation. **Phyllomedusa: Journal of Herpetology**, v. 6, n. 2, p. 83-103, 2007.

ERDTMANL, L. K.; SIMÕES, P. I.; MELLO, A. C.; LIMA, A. P. Do natural differences in acoustic signals really interfere in conspecific recognition in the pan-Amazonian frog *Allobates femoralis*? **Behaviour**, v. 148, p. 485-500, 2011.

FARIA, D. C. C.; SIGNORELLI, L.; MORAIS, A. R.; BASTOS, R. P.; MACIEL, N. Geographic structure and acoustic variation in populations of *Scinax squaleirostris* (A. Lutz. 1925) (Anura: Hylidae). **North-West Journal of Zoology**, v. 9, p. on-first, 2013.

GAMBALE, P. G.; SIGNORELLI, L.; BASTOS, R. P. Individual variation in the advertisement calls of a Neotropical treefrog (*Scinax constrictus*). **Amphibia-Reptilia**, v. 35, p. 271-281, 2014.

GERHARDT, H. C. Female mate choice in treefrogs: Static and dynamic acoustic criteria. **Animal Behaviour**, v. 42, n. 4, p. 615-635, 1991.

GERHARDT, H. C.; HUBER, F. Acoustic Communication in Insects and Anurans: Common Problems and Diverse Solutions. **Chicago: University of Chicago Press**, p. 542 , 2002.

KEELY, Claire C. et al. Genetic structure and diversity of the endangered growling grass frog in a rapidly urbanizing region. **Royal Society Open Science**, v. 2, n. 8, p. 140255, 2015.

LAIOLO, P. The emerging significance of bioacoustics in animal species conservation. **Biological Conservation**, v. 143, n. 7, p. 1635-1645, 2010.

MELO, Felipe P. L. et al. Priority setting for scaling-up tropical forest restoration projects: Early lessons from the Atlantic Forest Restoration Pact. **Environmental Science & Policy**, v. 33, p. 395-404, 2013.

MORAIS, A. R.; BATISTA, V. G.; GAMBALE, P. G.; SIGNORELLI, L.; BASTOS, R. P. Acoustic communication in a Neotropical frog (*Dendropsophus minutus*): Vocal repertoire, variability and individual discrimination. **The Herpetological Journal**, v. 22, n. 4, p. 249–257, 2012.

MORAIS, A. R.; SIQUEIRA, M. N.; BASTOS, R. P. How do males of *Hypsiboas goianus* (Hylidae: Anura) respond to conspecific acoustic stimuli? **Zoologia**, v. 32, n. 6, p. 431–437, 2015.

OWEN, P. C.; GORDON, N. M. The effect of perceived intruder proximity and resident body size on the aggressive responses of male green frogs, *Rana clamitans* (Anura: Ranidae). **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 58, p. 446-455, 2005.

PRÖHL, H. Variation in male calling behaviour and relation to male mating success in the strawberry poison frog (*Dendrobates pumilio*). **Ethology**, v. 109, p. 273–290, 2003.

PYRON, R. Alexander. Global amphibian declines have winners and losers. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 115, n. 15, p. 3739-3741, 2018.

Ramalho WP, With KA, Mesquita GS, Arruda FV, Guerra V, Ferraz D, Andrade MS & Prado VHM. 2022. Habitat fragmentation rather than habitat amount or habitat split reduces the diversity and abundance of ground-dwelling anurans within forest remnants of the Brazilian Cerrado. **Journal for Nature Conservation** 69.

REBOUÇAS, R. et al. Warming drives cryptic declines of amphibians in eastern Brazil. **Biological Conservation**, v. 256, p. 109035, 2021.

Ribeiro, J., Colli, G.R. & Soares, A.M.V.M. The anurofauna of a vanishing savanna: the case of the Brazilian Cerrado. **Biodivers Conserv** 29, 1993–2015 (2020).

Ribeiro J, Colli GR & Soares AMVM. 2017. The anurofauna of a vanishing savanna: the case of the Brazilian Cerrado. **Biodiversity and Conservation** 29: 1993-2015.

RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In Cerrado: ecologia e flora (S.M. Sano, S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, eds.). **EMBRAPA-CPAC**, Planaltina, p.151-212, 2008.

RYAN, M. J. Anuran Communication. **Washington: Smithsonian Institution Press**, 2001.

RYAN, M. J. Factors influencing the evolution of acoustic communication: biological constraints. **Brain, Behavior and Evolution**, v. 28, p. 70-82, 1986.

RYAN, M. J. Sexual selection and communication in frogs: some recent advances. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 6, p. 351–354, 1991.

SEGALLA, M. V. et al. List of Brazilian amphibians. **Herpetologia Brasileira**, v. 10, n. 1, p. 121-216, 2021.

SIQUEIRA, M. N.; FARIA, K. M. S. Analysis of the landscape dynamics in the municipality of Rio Verde, Goiás, Brazil: a tool to choose priority areas for conservation. **Sociedade & Natureza**, v. 31, p. 1-20, 2019.

SIGNORELLI, L.; BASTOS, R. P.; DE MARCO, P.; WITH, K. A. Landscape context affects site occupancy of pond-breeding anurans across a disturbance gradient in the Brazilian Cerrado. **Landscape Ecology**, v. 31, p. 1997–2012, 2016.

STEWART, M. M.; BISHOP, P. J. Effects of increased sound level of advertisement calls on calling male frog, *Eleutherodactylus coqui*. **Journal of Herpetology**, v. 28, p. 46–53, 1994.

STRASSBURG, Bernardo B. N. et al. Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1, n. 4, p. 0099, 2017.

TÁRANO, Z.; FUENMAYOR, E. Experimental analysis of the dimorphic function of the biphasic call of *Eleutherodactylus johnstonei* (Anura: Eleutherodactylidae). **South American Journal of Herpetology**, v. 8, n. 2, p. 73-80, 2013.

TOLEDO, RC d; JARED, Carlos. Cutaneous granular glands and amphibian venoms. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, v. 111, n. 1, p. 1-29, 1995.

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

WELLS, K. D. The effect of social interactions on anuran vocal behavior. In: FRITZSCH, B. et al. (eds.). **The Evolution of the Amphibian Auditory System. New York: John Wiley and Sons, 1988. p. 433-454.**

WELLS, K. D. The social behaviour of anuran amphibians. **Animal Behaviour**, v. 25, p. 666-693, 1977.

WELLS, K. D.; SCHWARTZ, J. J. Vocal communication in a neotropical treefrog, *Hyla ebraccata*: advertisement calls. **Animal Behaviour**, v. 32, p. 405–420, 1984.