

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E
CONSERVAÇÃO

O IMPACTO DA MUDANÇA CLIMÁTICA NA FENOLOGIA E NA
DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA EM ANUROS DE HABITATS
DIFERENTES DO CERRADO

Autor: Bruno Barros Bittar
Orientador: Dr. Alessandro Ribeiro de Moraes
Co-orientador(es): Dr. Matheus de Souza Lima Ribeiro;
Dr. Wilian Vaz Silva

RIO VERDE – GO
SETEMBRO – 2019

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E
CONSERVAÇÃO

O IMPACTO DA MUDANÇA CLIMÁTICA NA FENOLOGIA E NA
DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA EM ANUROS DE HABITATS
DIFERENTES DO CERRADO

Autor: Bruno Barros Bittar
Orientador: Dr. Alessandro Ribeiro de Moraes
Co-orientador(es): Dr. Matheus de Souza Lima Ribeiro;
Dr. Wilian Vaz Silva

Dissertação apresentada, como parte das exigências para a obtenção de título de MESTRE EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO, no Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação do Instituto Federal Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de concentração Biodiversidade e Conservação

RIO VERDE – GO
SETEMBRO – 2019

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

BB624 Bittar, Bruno Barros
O impacto da mudança climática na fenologia e na distribuição geográfica em anuros de habitats diferentes do Cerrado / Bruno Barros
Bittar; orientador Alessandro Ribeiro de Moraes; co-orientador Matheus Souza Lima Ribeiro. -- Rio Verde, 2019.
57 p.

Dissertação (em Programa de Pós Graduação em Biodiversidade e Conservação) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2019.

1. Anura. 2. Reprodução. 3. Clima. 4. Modelos de nicho. I. Ribeiro de Moraes, Alessandro, orient. II. Souza Lima Ribeiro, Matheus, co-orient. III. 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 checked="" type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia - Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor:

Matrícula:

Título do Trabalho:

Restrições de Acesso ao Documento

 Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

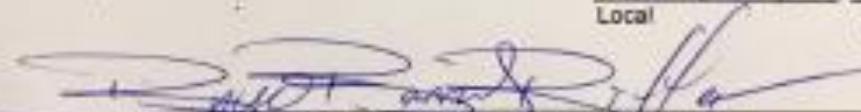
Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 18/11/2019

O documento está sujeito a registro de patente? Sim NãoO documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não
DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

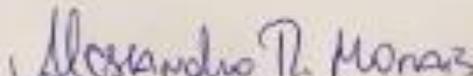
O/A referido/a autor/a declara que:

- 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 incluídos 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, 18, 11, 2019
Local Data


Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)

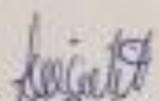
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E
CONSERVAÇÃO

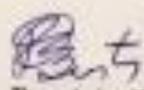
O IMPACTO DA MUDANÇA CLIMÁTICA NA FENOLOGIA E
NA DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA EM ANUROS DE
HABITATS DIFERENTES DO CERRADO

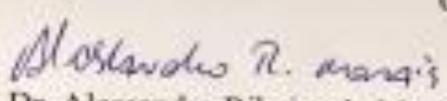
Autor: Bruno Barros Bittar
Orientador: Alessandro Ribeiro de Moraes

TITULAÇÃO: Mestre em Biodiversidade e Conservação – Área de
Concentração Conservação dos Recursos Naturais.

APROVADA em 19 de setembro de 2019.


Prof.ª Dr.ª Levi Carina Terribile
Avaliadora interna
UFJ / Jataí


Prof. Dr. Rogério Pereira Bastos
Avaliador externo
UFG / Goiânia


Prof. Dr. Alessandro Ribeiro de Moraes
Presidente da Banca
IF Goiano / Rio Verde

AGRADECIEMTNOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Alessandro Ribeiro de Moraes por ter depositado a confiança em minha pessoa para executar o presente estudo. Agradeço-o pela honestidade, incentivo e a oportunidade, que atribuíram para a minha formação acadêmica como mestre.

Aos meus pais, meus irmãos e meu cunhado que sempre estiveram ao meu lado, dando todo o apoio nas minhas jornadas de estudo e profissão.

Agradeço a minha namorada, Caroliny Helena pelo apoio imensurável ao longo da realização da minha dissertação.

Aos meus co-orientadores, Prof. Dr. Matheus de Souza Lima Ribeiro e Prof. Dr. Wilian Vaz Silva, pelo todo o suporte teórico e prático. Sou grato pela paciência, a disponibilidade de tempo e auxílio que colaboraram nas execuções dos modelos de nicho e o conhecimento sobre as espécies do presente estudo.

Agradeço aos meus amigos do grupo de estudo, Ana Karolina, Antonio Olímpio, Aline Lara, Carolina Emília, Gustavo Valtuille, Leonice Teodoro, Seixas Oliveira e Tainã Andreani, pela contribuição das coletas de dados acústico ao longo das viagens de campo propostas pelo projeto de pesquisa.

À Fundação O Grupo Boticário de Proteção à Natureza por ter financiado o projeto “Mudanças climáticas, modelos de nicho e a conservação *“in situ”* das espécies de Anuros ameaçadas e deficientes de dados do Cerrado”, cobrindo as despesas das viagens a campo e dos gravadores automatizados.

Aos meus amigos do CEPB, Darlan Feitosa, Lilibete Pereira, Matheus Pires, Marta Regina, João Batista e Sayonara Ay Moré, que coloco-os como referências por eu ter seguido nos estudos na pós-graduação.

A todos os meus colegas (graduação, pós-graduação e professores) e amigos do Laboratório de Biologia Animal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde. Em especial, Alisson, Marcelino, Marco Antônio, Carol, Nathan, Rhayane e Roniel.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Bruno Barros Bittar é natural de Gurupi (Tocantins). Concluiu o Ensino Médio no Colégio Marista em 2008, em Brasília (DF). Graduação em Ciências Biológicas, modalidade bacharelado, na Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) em 2016, Goiânia. Atuou como aluno de iniciação científica durante dois anos (2014 a 2016), três semestres na atuação na monitoria da disciplina de zoologia (2015 a 2016) e estagiário na Coleção Científica do Centro de Estudos e Pesquisas Biológicas (CEPB) durante quatro anos da graduação, que posteriormente em 2017, foi concedido a bolsa INCT de apoio técnico nível superior para atuar na sistematização e organização da referida Coleção Científica. Atualmente atua na profissão como consultor ambiental no monitoramento de fauna silvestre.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUÇÃO	18
MATERIAL E MÉTODOS.....	20
Espécies modelo	20
Área de estudo.....	21
Coleta de dados das gravações e temperatura ambiente.....	23
Análise dos dados.....	24
Elaboração de modelos.....	25
Modelagem de nicho ecológico e distribuição geográfica.....	25
Modelagem de nicho acústico	26
RESULTADOS	26
Padrão de atividade acústica diária.....	29
Modelagem de nicho acústico diário	31
Modelagem de nicho acústico sazonal.....	40
Modelagem de nicho ecológico.....	48
DISCUSSÃO	50
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	54

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Coordenadas dos pontos amostrais situados em ambientes florestais (<i>Barycholos ternetzi</i>).....	21
Tabela 2. Coordenadas dos pontos amostrais situados em ambientes abertos (<i>Physalaemus cuvieri</i>).....	23
Tabela 3. Variações das taxas de canto, temperatura ambiente e temperatura no período as emissões de canto de <i>Barycholos ternetzi</i> e <i>Physalaemus cuvieri</i> . Obtida pela técnica de monitoramento acústico passivo.	27
Tabela 4. Média e desvio padrão da taxa de canto de anúncio de <i>B. ternetzi</i> e <i>P. cuvieri</i> e a temperatura do ambiente, juntamente as análises de regressão linear de cada horário.	30

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Espécies modelo do presente estudo. (A) – <i>Barycholos ternetzi</i> (Miranda-Riveiro, 1937); (B) – <i>Physalaemus cuvieri</i> (Fitzinger, 1826).	21
Figura 2. Método de monitoramento acústico passivo (MAP).	24
Figura 3. Distribuição dos pontos e temperatura das coletas em relação às temperaturas ao longo da distribuição da espécie <i>Barycholos ternetzi</i>	28
Figura 4. Distribuição dos pontos e temperatura das coletas em relação às temperaturas ao longo da distribuição da espécie <i>Physalaemus cuvieri</i>	29
Figura 5. Taxa de cantos de anúncios observados por hora ao longo das 24 horas. (A) – <i>Barycholos ternetzi</i> ; (B) – <i>Physalaemus cuvieri</i>	31
Figura 6. Padrão diário das atividades de canto de anúncio de <i>Barycholos ternetzi</i> no cenário atual (presente), futuro otimista (RCP45) e futuro pessimista (RCP85).	32
Figura 7. Distribuição espacial das atividades diárias de canto de anúncio de <i>Barycholos ternetzi</i> em diferentes períodos. No período noturno (21:00h a 06:00h) onde a espécie apresenta atividade simultaneamente na maioria das áreas de ocorrência. A representação em verde indica o melhor período de adequabilidade para a espécie.	33
Figura 8. Cenário otimista (RCP45) da distribuição espacial das atividades diárias de canto de anúncio de <i>Barycholos ternetzi</i> em diferentes períodos para o ano 2100. A representação em verde indica o melhor período de adequabilidade para a espécie.	34

Figura 9. Cenário pessimista (RCP85) da distribuição espacial das atividades diárias de canto de anúncio de *Barycholos ternetzi* em diferentes períodos para o ano 2100. As áreas de com verde representa melhor período de adequabilidade para a espécie, para esse cenário, as áreas verde permanecerão muito restritas. 35

Figura 10. Padrão diário das atividades de canto de anúncio de *Physalaemus cuvieri* no cenário atual (presente), futuro otimista (RCP45) e futuro pessimista (RCP85). 36

Figura 11. Distribuição espacial das atividades diárias de canto de anúncio de *Physalaemus cuvieri* em diferentes períodos. No período noturno (21:00h às 06:00h) onde a espécie apresenta atividade simultaneamente na maioria das áreas de ocorrência. 37

Figura 12. Cenário otimista (RCP45) da distribuição espacial das atividades diárias de canto de anúncio de *Physalaemus cuvieri* em diferentes períodos para o ano 2100. As áreas de com verde apresenta maior adequabilidade de clima para a espécie. 38

Figura 13. Cenário pessimista (RCP85) da distribuição espacial das atividades diárias de canto de anúncio de *Physalaemus cuvieri* em diferentes períodos para o ano 2100. 39

Figura 14. Médias da taxa de canto de anúncio e temperatura ao longo dos meses da estação chuvosa. (A) – *Barycholos ternetzi*; (B) – *Physalaemus cuvieri*. 40

Figura 15. Padrão sazonal das atividades de canto de anúncio de *Barycholos ternetzi* no cenário atual (Presente), futuro otimista (RCP45) e futuro pessimista (RCP85). 41

Figura 16. Distribuição espacial do nicho acústico da espécie *Barycholos ternetzi* em relação à sazonalidade da estação chuvosa no atual cenário. 42

Figura 17. Distribuição espacial do nicho acústico da espécie *Barycholos ternetzi* em relação à sazonalidade da estação chuvosa no cenário futuro otimista (RCP45). 43

Figura 18. Distribuição espacial do nicho acústico da espécie *Barycholos ternetzi* em relação à sazonalidade da estação chuvosa no cenário futuro pessimista (RCP85). 44

Figura 19. Padrão sazonal das atividades de canto de anúncio de *Physalaemus cuvieri* no cenário atual (Presente), futuro otimista (RCP45) e futuro pessimista (RCP85). 45

Figura 20. Distribuição espacial do nicho acústico da espécie *Physalaemus cuvieri* em relação à sazonalidade da estação chuvosa no atual cenário. 46

Figura 21. Distribuição espacial do nicho acústico da espécie *Physalaemus cuvieri* em relação à sazonalidade da estação chuvosa no cenário futuro otimista (RCP45). 47

Figura 22. Distribuição espacial do nicho acústico da espécie *Physalaemus cuvieri* em relação à sazonalidade da estação chuvosa no cenário futuro otimista (RCP85). 48

Figura 23. Distribuição geográfica de *Barycholos ternetzi* predita pelo modelo de nicho ecológico, onde as localidades preenchidas pela cor verde representam áreas de melhor adequabilidade para a espécie. (A) – Cenário presente; (B) – Cenário futuro otimista (RCP45); (C) – Cenário futuro pessimista (RCP85). 49

Figura 24. Distribuição geográfica de *Physalaemus cuvieri* predita pelo modelo de nicho ecológico, onde as localidades preenchidas pela cor verde representam áreas de melhor adequabilidade para a espécie. (A) – Cenário presente; (B) – Cenário futuro otimista (RCP45); (C) – Cenário futuro pessimista (RCP85). 50

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

CCSM	<i>Community Climate System Model</i>
CMPI	<i>Coupled Model Intercomparison Project</i>
ENFA	<i>Ecological Niche Factor Analysis</i>
ENM	<i>Ecological Niche Modeling</i>
GAMM	<i>Generalized Additive Mixed Models</i>
GBIF	<i>Global Biodiversity Information Facility</i>
ICMBio	Instituto Chico Mende de Conservação da Biodiversidade
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
IUCN	<i>International Union for Conservation of Nature</i>
MAP	Monitoramento Acústico Passivo
MMA	Ministério do Meio Ambiente
RCP	<i>Representative Concentration Pathway</i>
SIG	Sistema de Informações Geográfica

RESUMO

BITTAR, BRUNO BARROS. Instituto Federal de Ciências, Educação e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – GO, setembro de 2019. **O impacto da mudança climática na fenologia e na distribuição geográfica em anuros de habitats diferentes do Cerrado.** Orientador: Dr. Alessandro Ribeiro de Moraes. Coorientador(es): Dr. Matheus de Souza Lima Ribeiro; Wilian Vaz Silva.

Aqui, o objetivo foi descrever a fenologia de *Barycholos ternetzi* e *Physalaemus cuvieri*, avaliando seus padrões reprodutivos, nichos acústicos e distribuições geográficas, além de prever como as espécies responderão aos efeitos da mudança climática no futuro. O Monitoramento Acústico Passivo (MAP) foi utilizado para obtenção de gravações em ambientes florestais e áreas abertas alagadas, distribuídos em diferentes pontos do bioma Cerrado e um *Data-Logger* para mensurar a temperatura do ar. Nas análises, foi feita a estatística descritiva e posteriormente uma regressão linear para testar se há relação entre as taxas de canto e temperatura para cada horário. Para construir os modelos de nicho ecológico (MNE) foram obtidos os dados de ocorrência das espécies, assim como as variáveis climáticas, em formato de sistema de informações geográfica (SIG), ao longo da sua distribuição geográfica. A seguir, os mapas de distribuição potencial para ambas espécies foram projetados para o cenário climático presente e também para os cenários futuros (2050 - 2100). Nos modelos acústicos, foi utilizado um modelo aditivo generalizado misto (GAMM) para relacionar as atividades de canto em função da

temperatura. Por fim, os modelos acústicos foram projetados para as condições climáticas no futuro (2050 - 2100). Os registros das gravações ocorreram durante a estação chuvosa, com elevada amplitude térmica (*B. ternetzi*: 17,3°C a 28,3°C; *P. cuvieri*: 16,7°C a 31,4°C). Para ambas espécies, houve relação negativa entre as atividades de canto e temperatura do ar no começo da noite. Nas predições apresentadas pelos modelos de nicho, *B. ternetzi* apresenta uma ampla distribuição ao longo do bioma Cerrado, enquanto *P. cuvieri* se distribui em amplas áreas de biomas adjacentes. Nos cenários futuros (otimista e pessimista), as áreas com adequabilidade climática foram reduzidas e restritas para ambas espécies. Atualmente, para *B. ternetzi* o pico máximo das atividades acústica encontra no começo da noite, prolongando as emissões de canto ao longo toda a madrugada. Ao projetar para o futuro, as emissões de canto permanecem por toda a da noite, no entanto o pico máximo se desloca para o final da madrugada. *P. cuvieri* apresenta, atualmente, ampla distribuição geográfica, com atividade de canto iniciando ao entardecer e estendendo-se até o período matutino. Nos cenários futuros, as faixas de horários de canto irão restringir-se apenas para o período noturno, mas mantendo o pico máximo das atividades acústicas. As atividades acústicas de ambas espécies ocorrem ao longo de toda a estação chuvosa, principalmente com maior intensidade na segunda metade da estação. Os modelos acústicos mostram uma grande redução espacial das atividades *B. ternetzi*, mas mantendo o período do pico máximo. Para *P. cuvieri*, os modelos predizem uma redução de áreas nas emissões de canto e o pico máximo das emissões se desloca para os dois primeiros meses da estação.

Palavras – chave: Anura, Reprodução, Clima, Modelos de nicho.

ABSTRACT

BITTAR, BRUNO BARROS. Instituto Federal de Ciências, Educação e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – GO, setembro de 2019. **The impact of climate change on phenology and geographical distribution of anura in different habitat of the Cerrado.** Orientador: Dr. Alessandro Ribeiro de Moraes. Coorientador(es): Dr. Matheus de Souza Lima Ribeiro; Wilian Vaz Silva.

Here, the objective was to describe the phenology of *Barycholos ternetzi* and *Physalaemus cuvieri*, assessing reproductive patterns, acoustic niches and geographic distributions, and to predict how species will respond to the effects of future climate change. Passive Acoustic Monitoring (MAP) was used to obtain records in forest environments and flooded open areas, distributed in different points of the Cerrado biome and a *Data-Logger* to measure air temperature. In the analyzes, descriptive statistics were made and then a linear regression was made to test if there is a relationship between the call rate and temperature for each time. In order to generate ecological niche models (ENM), species occurrence data were obtained, as well as climatic variables, in GIS format, along their geographical distribution. From these, potential distribution maps for both species, based on ENM, were designed for the present climate scenario as well as

for future scenarios (2050 - 2100). In acoustic models, a generalized additive mixed model was used to relate call rate as a function of temperature. And finally, the acoustic models were designed for future weather conditions (2050 - 2100). The tape records occurred during the rainy season, with high thermal amplitude (*B. ternetzi*: 17,3°C to 28,3°C; *P. cuvieri*: 16,7°C to 31,4°C). For both species, there was a negative relationship between call rate and early evening air temperature. In the model predictions, *B. ternetzi* presents a distribution along the Cerrado biome, while *P. cuvieri* occurred in broad areas of adjacent biomes. In future scenarios (optimistic and pessimistic), for both species, area of climate suitability will be reduced and restricted. Currently, for *B. ternetzi* the maximum peak of acoustic activity is found in the early evening, prolonging call rate throughout the night. When projecting into the future, call rates remain throughout the night, however the maximum peak shift towards the end of the night. *P. cuvieri* currently has a wide geographical distribution, with call rate beginning at dusk and extending into the morning. In future scenarios, call rate time bands will be restricted only to the night time, but maintaining the peak of acoustic activities. The acoustic activities of both species occur throughout the rainy season, especially with greater intensity in the second half of the season. Acoustic models show a large spatial reduction of *B. ternetzi* activities but maintaining the peak period. For *P. cuvieri* shows the reduction of areas in call rate, although the maximum peak of emissions shift to the first two months of the season.

Keywords: Anura, Reproduction, Climate, Niche Models

INTRODUÇÃO

A mudança climática é considerada uma das maiores ameaças para a biodiversidade, portanto, como consequência, elevadas taxas de extinções são estimadas (BELLARD *et al.* 2012). O clima faz com que os organismos ectotérmicos, principalmente os anfíbios, tenham que combater faixas divergentes de temperatura nos ambientes, pois o metabolismo desses animais são regulados através das condições climáticas, alterando nas funções fisiológica (DEUTSCH *et al.* 2008; BLAUSTEIN *et al.* 2010), motivando mudança na dispersão e distribuição (COSTA *et al.* 2012; MIRANDA *et al.* 2019), influenciando na fenologia (GIBBS & BREISCH, 2000; BLAUSTEIN *et al.* 2010) e nas interações ecológicas (COSTA *et al.* 2012; LLUSIA *et al.* 2013).

O período reprodutivo da maioria dos anuros neotropicais ocorre durante a estação chuvosa (WELLS, 2007), devido a existência de microambientes favoráveis, que normalmente são associados com a presença da água. Estes ambientes estimulam os anuros a formarem agregados reprodutivos, onde exercem as atividades acústicas principalmente para fins de reprodução (WELLS, 2007; COSTA *et al.* 2012). Os anuros possuem diferentes padrões de reprodução, uma vez que espécies que apresentam suas atividades reprodutivas durante poucos dias ou semanas, são classificadas como padrão explosivo, em contrapartida as espécies que executam as atividades de reprodução

durante meses são classificadas como padrão prolongado (WELL, 1977). Com a influência da mudança climática, ao longo do tempo, padrões da fenologia dos anuros podem variar entre as espécies nos habitats de reprodução (BLAUSTEIN *et al.* 2010).

O comportamento de vocalização desempenha um papel importante no período da reprodução dos anuros. Por exemplo, os cantos de anúncio auxiliam os machos no processo de atração de às fêmeas, o reconhecimento intraespecífico e delimitação do território ao advertir outros machos a sua presença no local, e além do mais, esse tipo de canto é uma importante ferramenta taxonômica (WELLS & SCWARTZ, 2007; MORAIS *et al.* 2012; KÖHLER *et al.* 2017; GUERRA *et al.* 2018).

As vocalizações dos anuros são influenciadas por fatores ambientais (WELLS, 1977; LLUSIA *et al.* 2013), por exemplo há estudos que descrevem a influência da temperatura do ar sobre os parâmetros acústicos dos cantos de anuros (MORAIS *et al.* 2012; OSPINA *et al.* 2013). Então, mudanças nos caracteres do canto podem interferir nas interações intraespecíficas da população, dependendo da alteração do ambiente, acarreta no comprometimento das relações de eventos de acasalamento e delimitação territorial (WELLS, 2007; COSTA *et al.* 2012).

Considerado como um dos *hotspot* da biodiversidade mundial (MYERS *et al.* 2002), o Cerrado constitui uma alta riqueza de espécies de anuros (VALDUJO *et al.* 2012), que atualmente, sofre devido as expansões agrícolas, urbanas, industriais e a alta exploração dos recursos naturais (MITTERMEIER *et al.* 2011; STRASSBURG *et al.* 2017). Os limites geográficos das espécies de anuros endêmicos do bioma podem variar no tamanho e localização. Algumas espécies são amplamente distribuídas dentro do domínio do bioma, com ocorrência nas áreas de transição em domínios adjacentes (VALDUJO *et al.* 2012). No entanto, para esta região, a maioria dos estudos realizados são de cunho descritivo, apresentando ainda lacunas de informações das ocorrências e da história natural (DINIZ-FILHO *et al.* 2005; VALDUJO *et al.* 2012; GUERRA *et al.* 2018).

A ferramenta de modelos de nichos ecológicos (*Ecological Niche Modeling - ENM*) é importante para os estudos biogeográficos, pois possibilita a previsão da distribuição potencial de espécies ao utilizar caracteres climáticos das localidades de coleta (GIOVANELLI *et al.* 2008; COSTA *et al.* 2012). Esta ferramenta têm apresentado o declínio das populações de anuros, devido as alterações climáticas referente ao comportamento (ARAÚJO *et al.* 2006), qualidade de microhabitats (COSTA *et al.* 2012) e interações entre clima e patógenos (POUNDS *et al.* 2006).

Considerando que os efeitos do clima impactam a história natural e a distribuição das espécies de anuros, o presente estudo teve o objetivo de descrever o padrão de atividade acústica diária e sazonal de duas espécies de anuros com ocorrência no Cerrado brasileiro. Foi testada a hipótese de que o efeito negativo da mudança no clima é mais intenso na espécie que possui preferência por habitat florestal do que naquela que habita ambientes abertos. O resultado avalia os padrões reprodutivos dos nichos acústicos e as distribuição geográfica, sobre as influências que os efeitos climáticos proporcionam para essas espécies.

MATERIAL E MÉTODOS

Espécies modelo

Barycholos ternetzi (Miranda-Ribeiro, 1937) (Figura 1A) é uma espécie pertencente à família Craugastoridae e com distribuição restrita ao domínio do Cerrado, no Brasil Central (FROST, 2019). Os indivíduos desta espécie possuem preferência por ambientes florestais, sendo comumente encontrados na serapilheira das fitofisionomias de mata de galeria, mata ciliar, mata seca e cerradão (RIBEIRO & WALTER, 2008; BASTOS *et al.* 2003; ARAÚJO *et al.* 2007). O repertório acústico desta espécie é composto por distintos tipos de vocalizações (LEMES *et al.*, 2012) em que o canto de anúncio é o mais comumente emitidos por machos desta espécie.

Physalaemus cuvieri (Fitzinger, 1826) (Figura 1B) é uma espécie pertencente à família Leptodactylidae, com ampla distribuição pela América do Sul, incluindo Argentina, Brasil e Paraguai (FROST, 2019). *Physalaemus cuvieri* apresenta padrão reprodutivo prolongado, entre os meses de setembro a março e com ovos sendo depositados em ninhos de espuma na água (VASCONCELOS E ROSSA-FERES, 2005; CANELAS & BERTOLUCI, 2007; GAMBELE & BASTOS, 2014). Machos desta espécie usam frequentemente áreas abertas com presença de corpos d'água (p.ex. lagoas e lagos), onde realizam sua atividade acústica (BRASILEIRO *et al.* 2005; MORAIS *et al.* 2011).



Figura 1. Espécies modelo do presente estudo. (A) – *Barycholos ternetzi* (Miranda-Riveiro, 1937); (B) – *Physalaemus cuvieri* (Fitzinger, 1826).

Área de estudo

A seleção dos pontos amostrais ocorreu em virtude das características ecológicas das espécies modelos no domínio do Cerrado. Neste sentido, para registrar a atividade acústica de machos de *B. ternetzi* em ambientes florestais foram amostrados 20 pontos (Tabela 1). De modo geral, estes ambientes compreendem formações florestais (*sensu* RIBEIRO & WALTER, 2008), tais como matas de galerias, matas ciliares e matas secas, as quais eram constituídas por alta densidade de vegetações, árvores de grande porte com dossel fechado e com presença de serrapilheira. Para registrar a atividade acústica de machos de *P. cuvieri*, foram amostradas 30 pontos (Tabela 2) de áreas caracterizadas por ambientes abertos e alagados, as quais eram constituídas por corpos d'água representados por brejos, poças permanentes e efêmeras, localizadas em áreas preservadas (unidades de conservação e ambientes pouco explorados com vegetações nativas) ou com perturbações antrópicas (pastagens, plantações e rodovias) (MORAIS *et al.* 2011; GAMBALE & BASTOS, 2014).

Tabela 1. Coordenadas dos pontos amostrais situados em ambientes florestais (*Barycholos ternetzi*).

Espécie	Município	Latitude	Longitude
<i>Barycholos ternetzi</i>	Aparecida do Rio Doce (GO)	-17,892	-50,954
		-17,920	-51,037
		-17,933	-51,074
		-18,079	-51,033
	Itumbiara (GO)	-18,391	-49,113
	Jataí (GO)	-17,963	-51,759
		-17,968	-51,747
		-17,707	-51,610
	Paraúna (GO)	-17,685	-50,925
		-17,474	-50,888
		-17,619	-50,913
	Quirinópolis (GO)	-18,608	-50,507
		-18,623	-50,489
		-18,638	-50,506
	Silvânia (GO)	-16,658	-48,638
		-16,647	-48,646
		-16,631	-48,655
-16,630		-48,666	
-16,633		-48,669	
		-16,638	-48,647

Tabela 2. Coordenadas dos pontos amostrais situados em ambientes abertos (*Physalaemus cuvieri*).

Espécie	Município	Latitude	Longitude
<i>Physalaemus cuvieri</i>	Alto Paraíso de Goiás (GO)	-14,137	-47,541
		-14,329	-47,510
		-14,320	-47,501
	Aparecida do Rio Doce (GO)	-17,948	-51,086
		-18,124	-51,063
		-18,177	-51,101
	Cavalcante (GO)	-13,681	-47,849
	Cidade de Goiás (GO)	-15,999	-50,058
		-16,008	-50,010
	Faina (GO)	-15,490	-50,327
	Itajá (GO)	-18,915	-51,678
	Itumbiara (GO)	-18,368	-49,162
	Jataí (GO)	-17,930	-51,752
		-17,764	-51,551
	Nova Crixás (GO)	-13,984	-50,783
	Nova Xavantina (MT)	-15,836	-52,309
		-17,596	-50,944
	Paraúna (GO)	-17,481	-50,899
		-17,406	-50,747
	Quirinópolis (GO)	-18,638	-50,506
-18,310		-50,415	
-18,247		-50,427	
Rio Verde (GO)	-17,798	-50,897	
	-20,323	-46,309	
São Roque de Minas (MG)	-20,376	-46,276	
	-20,389	-46,175	
	-20,420	-46,049	
Silvânia (GO)	-16,631	-48,652	
	-16,630	-48,667	
Uruaçu (GO)	-14,069	-48,930	

Coleta de dados das gravações e temperatura ambiente

Para registrar atividade acústica das espécies em questão, foi utilizada a técnica de Monitoramento Acústico Passivo (MAP), nos pontos amostrais mencionados acima. Desta forma, foi utilizado o Audio-Gravador Tigrinus[®] GT001-T1.0V, o qual é composto por um gravador TASCAN[®] modelo DR-05 (Figura 2), gerando arquivos de áudios em

formato WAV, 44KHz e com 16 bits de resolução. Os gravadores foram alocados em posições fixas dos pontos amostrados (p.ex: árvores, hastes, cercas) com aproximadamente 1,5 metro acima do solo. Conforme Llusia *et al.* (2011), o registro de cantos das espécies foi estimada em um raio de 50 m em relação ao gravador (Figura 2). Em adição, para mensurar a temperatura do ar, foi instalado um dispositivo *DataLogger* modelos HT-4000 e TM-305U, juntamente com os gravadores. Assim, foi possível registrar as temperaturas do ar nos momentos em que as gravações eram realizadas (Figura 2).



Figura 2. Método de monitoramento acústico passivo (MAP).

Em cada ponto, os gravadores registraram o som do ambiente por cinco minutos a cada hora, durante quatro dias consecutivos, totalizando 430 minutos (7 horas) de gravações. Ao todo, o esforço amostral das gravações considerou 50 pontos, sendo 20 em áreas florestadas (*B. ternetzi*) e 30 em áreas abertas (*P. cuvieri*), totalizando de 348 horas (20.910 minutos) amostragem.

Para registrar a presença e, conseqüentemente, a atividade acústica das espécies alvo (*B. ternetzi* e *P. cuvieri*), espectrogramas foram analisados com o auxílio do programa *Interactive Sound Analysis Software Raven Pro 1.4* (BIOACOUSTICS RESEARCH PROGRAM, 2011). Ao identificar as tais espécies, foi quantificada, para cada gravação, a taxa de emissão de cantos de anúncio por minuto.

Análise dos dados

Com a estatística descritiva, foi calculado a média e o desvio padrão para cada horário do dia, para as taxas de canto de anúncio (canto/minuto) das duas espécies e para as respectivas temperaturas mensuradas em campo. Posteriormente, a regressão linear foi adotada a fim de testar as relações das atividades de canto e temperatura. Dados globais de temperatura média, máxima e mínima disponíveis no banco de dados climático WorldClim (www.worldclim.org) foram usados para avaliar a distribuição dos pontos amostrais em relação aos extremos térmicos. Esses dados climáticos foram delimitados nas áreas de ocorrências mapeadas pela plataforma IUCN das duas espécies. E, por fim, a distribuição de frequência da temperatura na área de distribuição da espécie foi comparada com as temperaturas registradas em campo, nos pontos de coleta com presença das atividades acústicas de ambas as espécies, seguindo o protocolo proposto por Llusia *et al.* (2013).

Elaboração de modelos

Modelagem de nicho ecológico e distribuição geográfica

Neste estudo, para a construção dos modelos de nichos ecológicos das espécies alvo, fez-se necessário uso de dados das ocorrências e variáveis climáticas no formato SIG. As informações da distribuição geográfica de *B. ternetzi* foram extraídas da plataforma de dados *Global Biodiversity Information Facility* (www.gbif.org) e *SpeciesLink* (www.splink.cria.org.br), que disponibiliza dados primários de coleções científicas. Para *P. cuvieri* os dados de ocorrência foram extraídos de Miranda *et al.* (2019). Foram acrescentadas as ocorrências obtidas pelas coletas das gravações em campo realizadas neste estudo. Os mapas das variáveis climáticas foram obtidas no banco de dados disponibilizados pelo *ecoClimate* (www.ecoclimate.org) para os períodos presente (1950 a 1999) e futuro (2080 a 2100). As simulações climáticas do futuro foram obtidas pelo modelo de circulação global CCSM4 para dois cenários de emissão de gases, o RCP45 representando o cenário otimista e o RCP 85 o cenário pessimista.

Os modelos de nicho foram obtidos utilizando quatro métodos apenas de presença: Bioclim, Gower, Maxent e ENFA. Os modelos foram calibrados com as condições climáticas do presente e projetados para cenários futuros. Os modelos iniciais foram avaliados e combinados usando a média aritmética conforme o protocolo de

ensemble (ARAÚJO & NEW, 2007). Ao combina-los, foram obtidas informações em formato de mapas das regiões com adequabilidade climática dos cenários atual e futuro (ARAÚJO & NEW 2007; DINIZ FILHO *et al.* 2009). Finalmente, os mapas binários de *B. ternetzi* e *P. cuvieri* foram obtidos utilizando, como threshold, o quantil 5% dos valores de adequabilidade associados aos pontos de ocorrência. Todos os modelos foram trabalhados utilizando os pacotes *dismo*, *factoextra*, *raster* e *map* do programa R (R Development Core Team 2019).

Modelagem de nicho acústico

Utilizando os dados de campo, foi realizada a modelagem acústica das atividades de cantos de anúncio de *B. ternetzi* e *P. cuvieri* em função da temperatura. Para isto, foi adotado o modelo aditivo generalizado misto (GAMM) usando a família Poisson.

Para gerar as avaliações das atividades de canto das espécies sobre as ações climáticas do futuro, foi preciso projeta-las para o presente (2000 a 2010) e futuro (2050 a 2100) envolvendo as áreas que foram preditas pelos modelos de nicho ecológicos em cada período. As temperaturas médias da superfície foram simuladas para o início e final do século XXI, com as frequências de horário a cada 3 horas, a partir do modelo de circulação geral CCSM4 disponibilizados dos bancos de dados CMIP5 (cmip.llnl.gov/cmip5/). Os cenários climáticos foram interpolados para uma resolução espacial de 0.5° x 0.5° latitude/longitude, utilizando o banco de dados *EcoClimate* (LIMA-RIBEIRO *et al.* 2015) e as delimitações climáticas foram projetadas na região Neotropical, com a representação da temperatura média no cenário atual, futuro otimista (RCP45) e futuro pessimista (RCP85), pro fim, observar a resposta comportamental, diária e sazonal, das duas espécies do estudo.

Os pacotes *mgcv* e *raster* para desenvolver as elaborações dos modelos acústicos, usando *software R Development Core Team* versão 3.6.0 de 2019.

RESULTADOS

Nos pontos com ocorrência de *B. ternetzi*, a temperatura do ar ambiente variou de 16,7°C a 36,7 °C. No entanto, durante o período em que a espécie apresentou atividade acústica, a temperatura do ar variou entre 17,3°C e 28,3 °C. Neste período, taxa média de

emissão de cantos de anúncio foi de 7,36 cantos/min (Tabela 3). Os pontos com ocorrência de *P. cuvieri* a temperatura do ar variou de 14,3°C a 42,4 °C. No entanto, durante o período em que a espécie apresentou atividade acústica, a temperatura do ar variou de 16,7°C a 31,4 °C. No mesmo período, a taxa média de emissão de cantos de anúncio foi de 14,63 cantos/min. (Tabela 3).

Tabela 3. Variações das taxas de canto, temperatura ambiente e temperatura no período as emissões de canto de *Barycholos ternetzi* e *Physalaemus cuvieri*. Obtida pela técnica de monitoramento acústico passivo.

Parâmetros	<i>Barycholos ternetzi</i>	<i>Physalaemus cuvieri</i>
Taxa de emissão de canto de anúncio (canto/min)	7,36±22,45 (0 – 204,2)	14,62±45,7 (0 – 300,4)
Temperatura do ar durante todo o período de amostragem (°C)	22,97 ± 3,98 (16,7 - 36,7)	23,72 ± 4,17 (14,3 - 42,4)
Temperatura do ar durante todo o período de atividade acústica da espécie (°C)	21,51 ± 1,91 (17,3 - 28,3)	22,37 ± 2,44 (16,7 - 31,4)

Tanto *B. ternetzi* quanto *P. cuvieri* exibiram ampla distribuição geográfica em áreas que apresentam temperaturas divergentes, de extremos mais frios a mais quentes. Ao comparar as distribuições destas espécies exercendo as suas atividades acústicas, nota-se que as temperaturas mensuradas nos pontos de coleta estão voltadas em áreas de temperaturas média e máxima (Figuras 3 e 4).

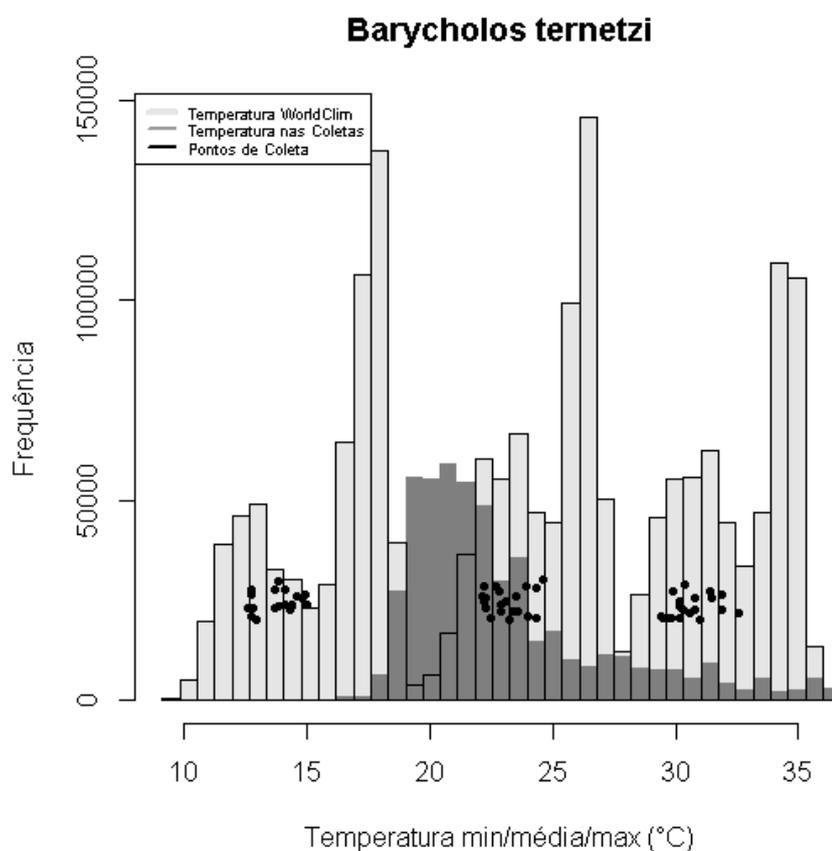


Figura 3. Distribuição dos pontos e temperatura das coletas em relação às temperaturas ao longo da distribuição da espécie *Barycholos ternetzi*.

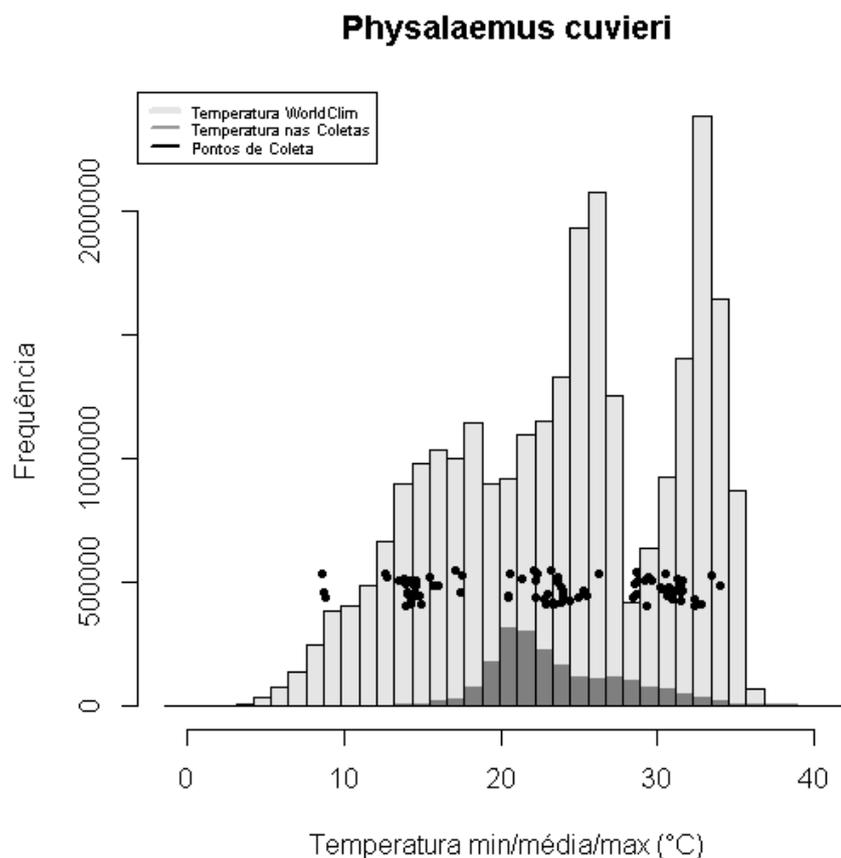


Figura 4. Distribuição dos pontos e temperatura das coletas em relação às temperaturas ao longo da distribuição da espécie *Physalaemus cuvieri*.

Padrão de atividade acústica diária

Para a espécie *B. ternetzi* foi observado uma relação negativa entre a atividade acústica e temperatura no começo da noite, horários de 18:00h e 19:00h, e para *P. cuvieri* apresentou uma relação negativa ao longo da primeira parte noturna com os horários de 19:00h, 20:00h e 23:00h (Tabela 4). Isso reflete que ambas as espécie apresentaram maiores picos de atividades de canto quando houve o declínio da temperatura (*B. ternetzi* $24,8 \pm 3,65$ e $23,62 \pm 2,97$ °C; *P. cuvieri* $24,70 \pm 3,09$ e $23,46 \pm 2,57$ °C), no entanto, em *P. cuvieri* foi observado um prolongamento de atividades de canto no período diurno, principalmente no começo da manhã e no final da tarde (Figura 5).

Tabela 4. Média e desvio padrão da taxa de canto de anúncio de *B. ternetzi* e *P. cuvieri* e a temperatura do ambiente, juntamente as análises de regressão linear de cada horário.

Horário (h)	<i>Barycholos ternetzi</i>				<i>Physalaemus cuvieri</i>			
	Taxa de emissão canto de anúncio	Temperatura (°C)	β	p	Taxa de emissão canto de anúncio	Temperatura (°C)	β	p
00:00	6,70±10,08	20,92±1,35	-0,788	0,358	16,03±44,20	21,57±2,53	0,4295	0,794
01:00	4,70±10,46	20,71±1,37	0,376	0,669	12,91±36,38	21,37±2,58	1,313	0,325
02:00	3,60±9,24	20,45±1,32	1,131	0,164	10,35±31,64	21,17±2,81	0,047	0,964
03:00	2,99±8,74	20,32±1,24	1,823	<0,05	8,08±28,40	20,95±2,65	0,094	0,926
04:00	3,55±8,36	20,26±1,24	0,801	0,307	4,92±19,56	20,66±2,42	0,492	0,519
05:00	9,14±18,69	20,22±1,26	-3,000	0,081	4,05±18,50	20,58±2,64	-0,098	0,882
06:00	1,30±6,30	20,05±1,31	0,960	0,083	0,69±3,15	20,41±2,20	0,043	0,759
07:00	0	20,09±1,48	0	0	0,14±1,08	20,47±2,13	0,032	0,543
08:00	0	20,90±1,61	0	0	0,10±0,97	21,62±1,94	0,03	0,579
09:00	0	22,91±2,98	0	0	0,09±0,82	23,76±3,54	0,011	0,644
10:00	0	24,35±3,54	0	0	0,10±0,93	25,43±3,80	0,02	0,435
11:00	0	26,01±4,09	0	0	0,06±0,60	27,04±3,65	0,013	0,467
12:00	0	27,05±4,54	0	0	0,52±3,96	28,14±3,74	0,047	0,681
13:00	0	27,81±4,83	0	0	0,3±2,45	28,46±3,80	-0,025	0,712
14:00	0	27,77±4,68	0	0	0,49±4,51	28,32±4,02	0,014	0,906
15:00	0	27,51±4,47	0	0	2,33±11,81	28,28±3,92	-0,346	0,292
16:00	0	27,43±4,61	0	0	1,68±10,75	27,79±3,90	-0,431	0,124
17:00	2,78±21,01	26,48±4,20	-0,268	0,644	2,93±15,65	27,45±3,83	-0,267	0,491
18:00	9,51±25,11	24,8±3,65	-1,773	<0,05	8,03±30,55	25,96±3,37	-1,290	0,127
19:00	40,68±52,22	23,62±2,97	-7,984	<0,001	67,36±87,22	24,7±3,09	-9,500	<0,001
20:00	33,39±45,03	22,49±2,34	-0,903	0,681	69,11±89,07	23,46±2,57	-6,971	<0,05
21:00	19,4±33,71	21,87±1,91	0,001	1,000	44,63±73,80	22,71±2,36	-3,303	0,259
22:00	12,64±21,95	21,49±1,75	2,338	0,101	33,41±66,52	22,3±2,35	2,18	0,411
23:00	8,51±14,46	21,21±1,63	1,466	0,149	26,19±56,68	21,92±2,47	-0,875	<0,001

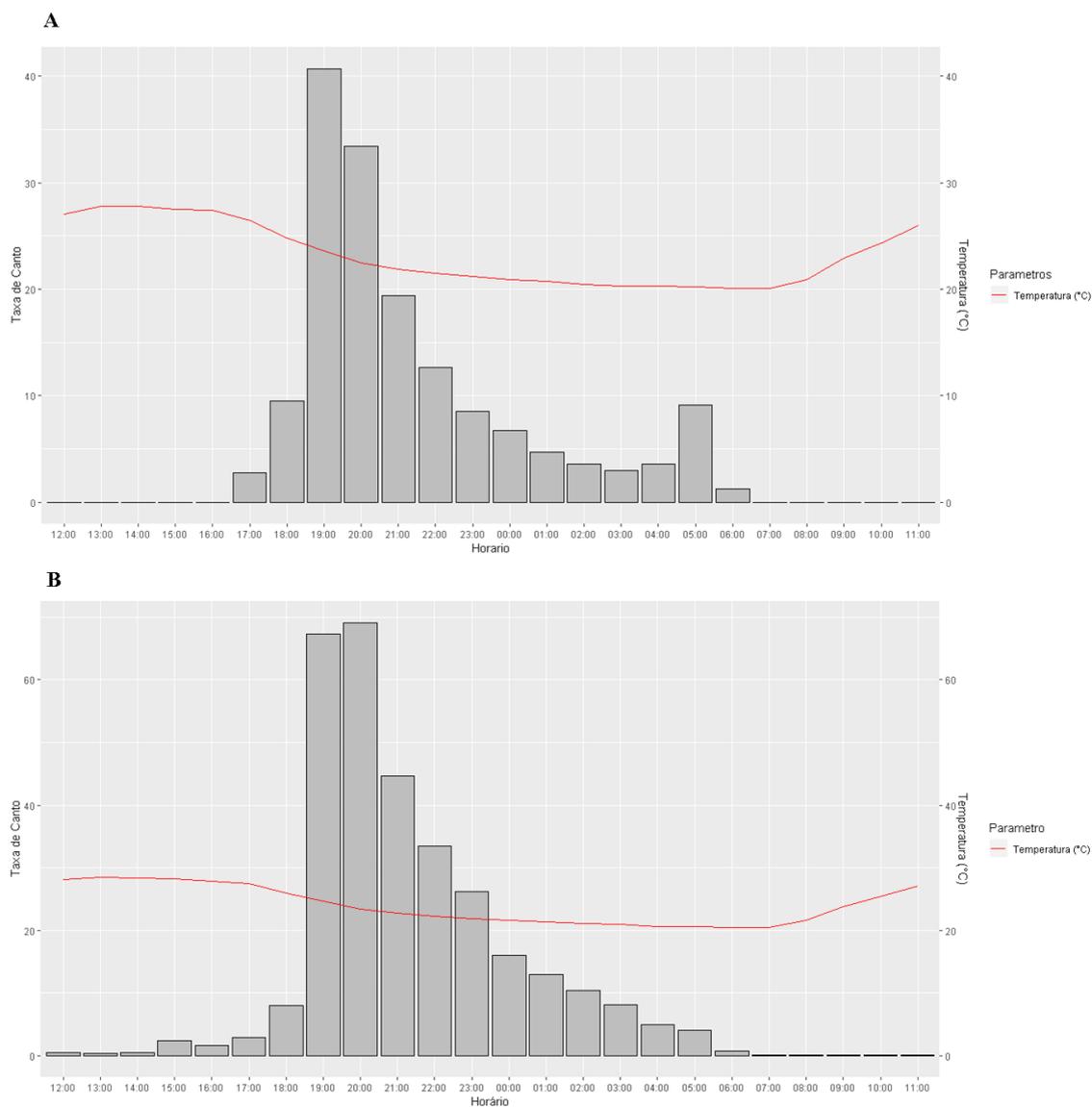


Figura 5. Taxa de cantos de anúncios observados por hora ao longo das 24 horas. **(A)** – *Barycholos ternetzi*; **(B)** – *Physalaemus cuvieri*.

Modelagem de nicho acústico diário

Ao observar a taxa de emissão de cantos de *B. ternetzi*, no cenário atual, o pico máximo ocorre a 00:00h. No cenário otimista, as projeções apontam que o pico máximo ocorrerá por volta das 5:00h, o mesmo resultado apresentado pelo cenário pessimista. No entanto, observa-se que no cenário pessimista é previsto uma redução na taxa de emissão

de canto ao longo de toda a atividade acústica da espécie (Figura 6).

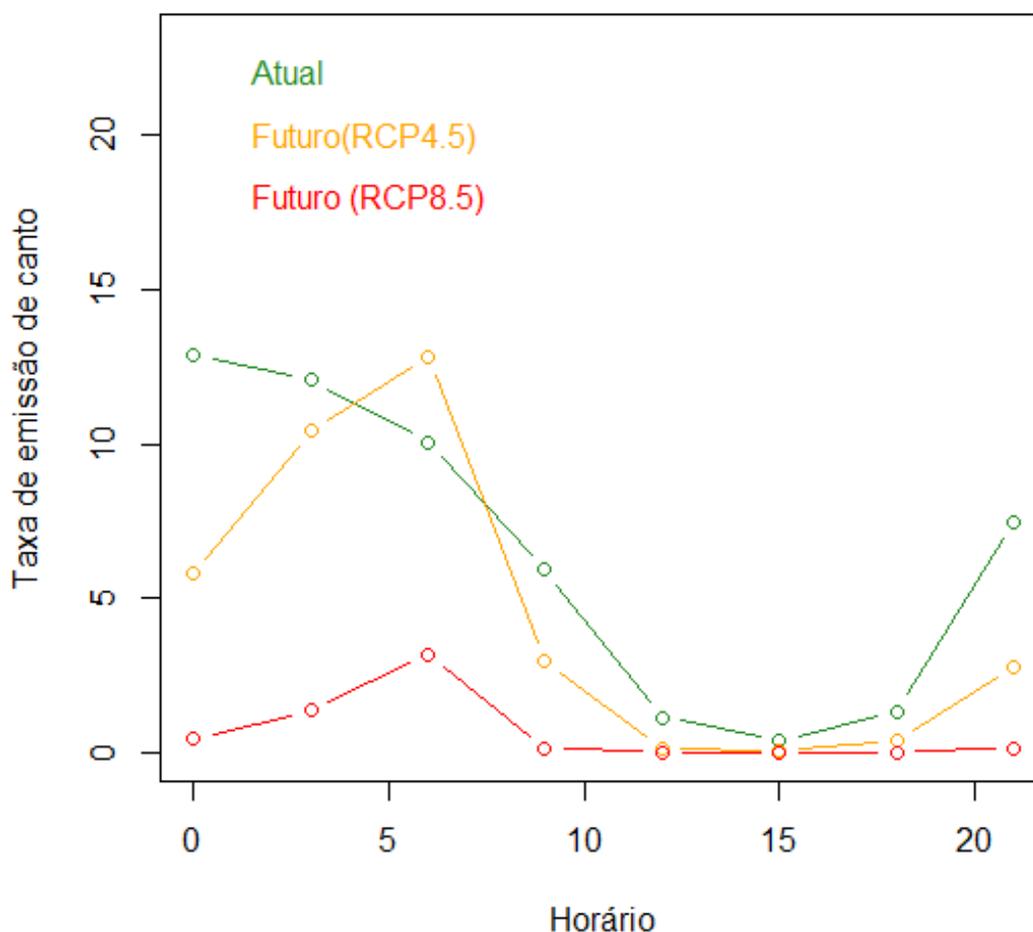


Figura 6. Padrão diário das atividades de canto de anúncio de *Barycholos ternetzi* no cenário atual (presente), futuro otimista (RCP45) e futuro pessimista (RCP85).

No presente, no período de 00:00h a 06:00h, há ampla distribuição espacial da atividade de canto, ocorrendo em grande parte das áreas com adequabilidade (Figura 7). Ao projetar as atividades acústicas de *B. ternetzi*, para os cenários futuros de mudança climática, o resultado apresenta uma mudança discrepante na distribuição espacial das atividades de canto, em relação ao cenário atual. No quadro otimista, os horários das atividades de canto ainda permanecerão da 00:00h a 06:00h (Figura 8), enquanto o pico de maior atividade se restringirá por volta das 06:00h no cenário pessimista (Figura 9).

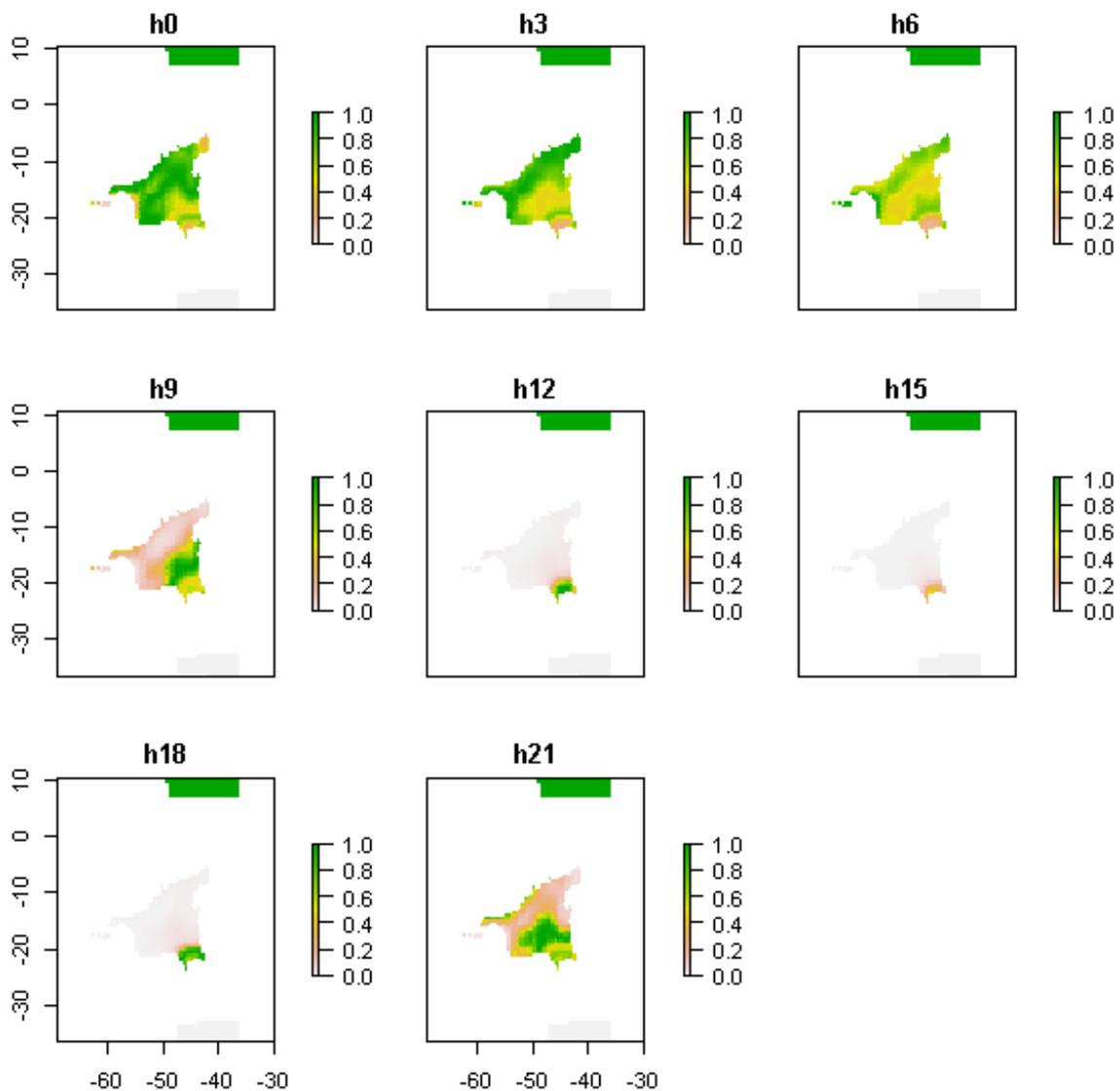


Figura 7. Distribuição espacial das atividades diárias de canto de anúncio de *Barycholos ternetzi* em diferentes períodos. No período noturno (21:00h a 06:00h) onde a espécie apresenta atividade simultaneamente na maioria das áreas de ocorrência. A representação em verde indica o melhor período de adequabilidade para a espécie.

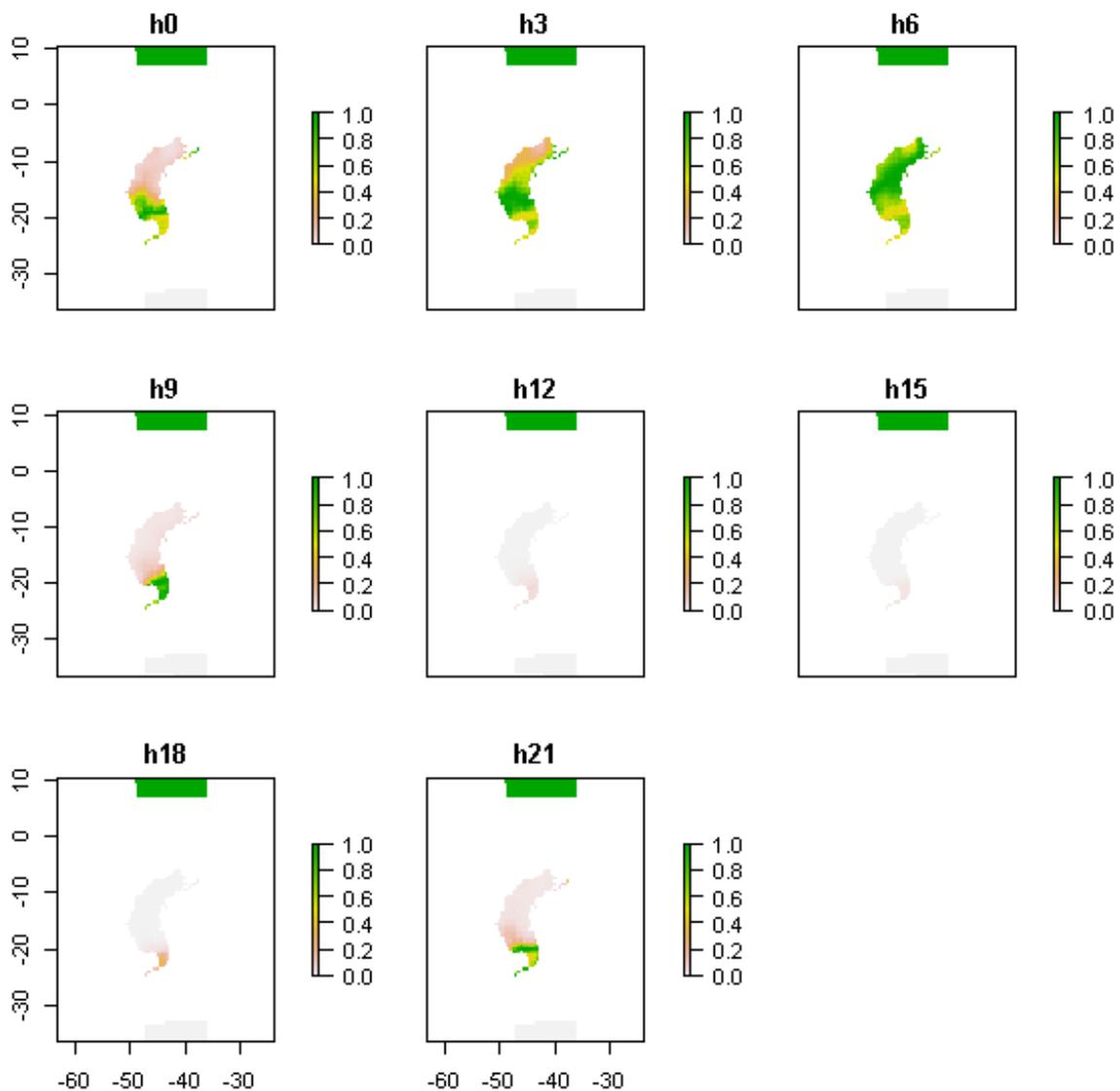


Figura 8. Cenário otimista (RCP45) da distribuição espacial das atividades diárias de canto de anúncio de *Barycholos ternetzi* em diferentes períodos para o ano 2100. A representação em verde indica o melhor período de adequabilidade para a espécie.

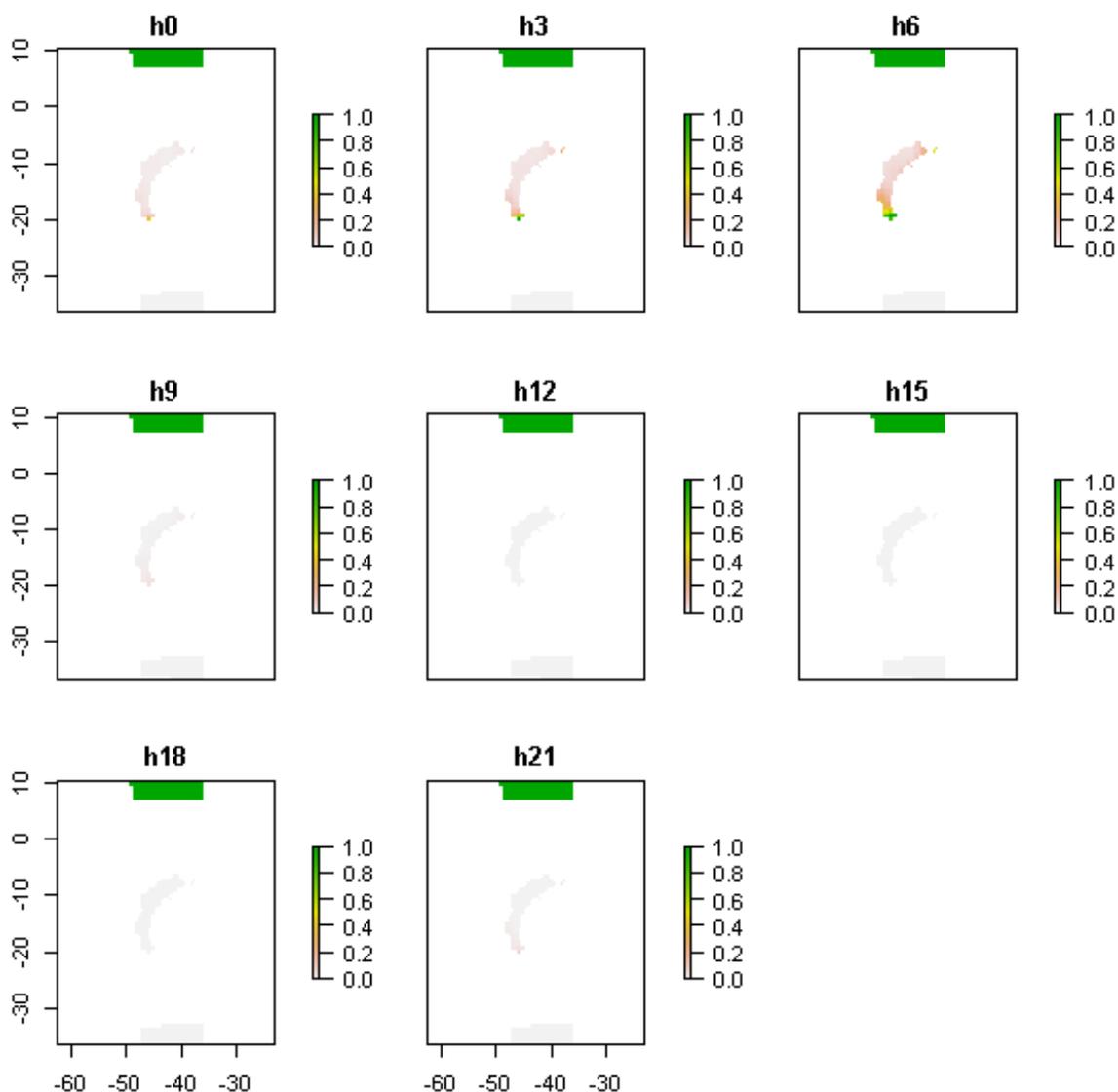


Figura 9. Cenário pessimista (RCP85) da distribuição espacial das atividades diárias de canto de anúncio de *Barycholos ternetzi* em diferentes períodos para o ano 2100. As áreas de com verde representa melhor período de adequabilidade para a espécie, para esse cenário, as áreas verde permanecerão muito restritas.

No cenário atual, o pico máximo da taxa de emissão de canto de *P. cuvieri* ocorre entre as faixas de horário de 20:00h a 00:00h, percorrendo simultaneamente durante toda a madrugada (00:00h a 06:00h). Ao observar as projeções de ambos cenários futuros, haverá um deslocamento do pico máximo da taxa de emissão de canto para final da madrugada (05:00h) e, posteriormente, a redução da emissão de canto (Figura 10).

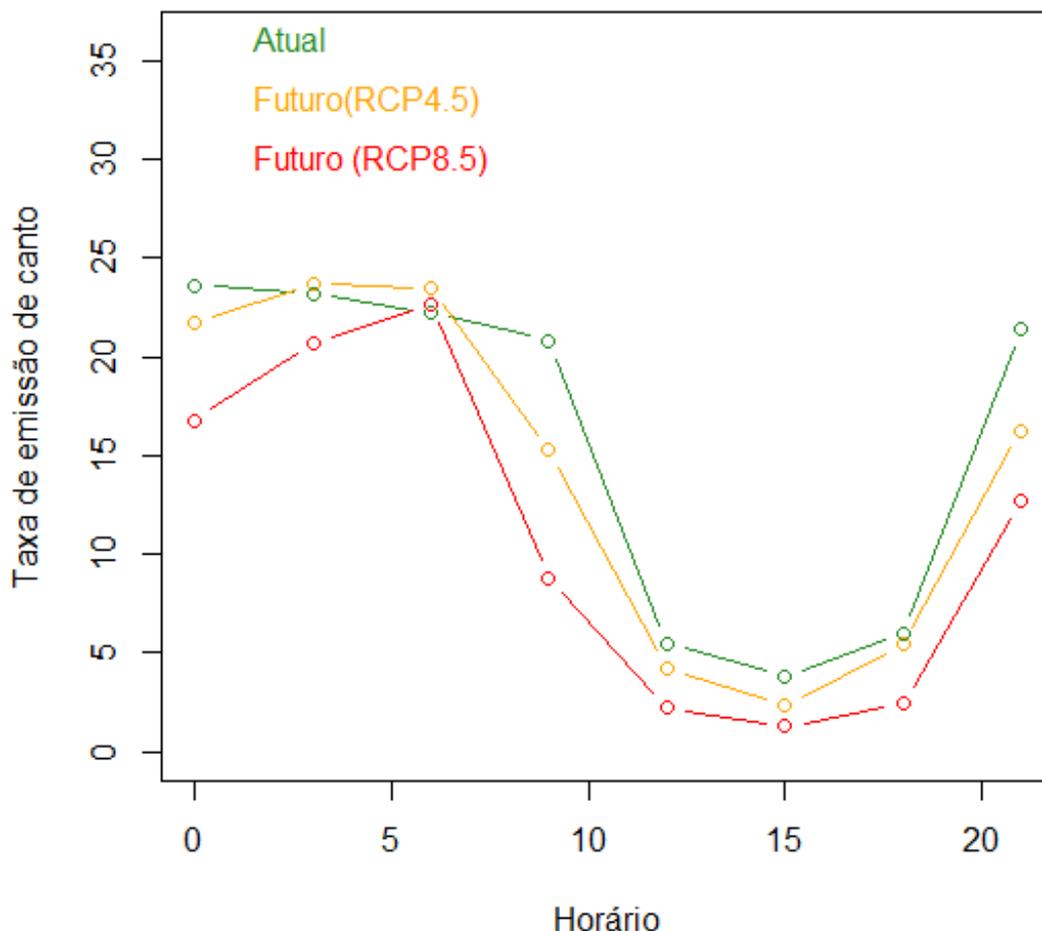


Figura 10. Padrão diário das atividades de canto de anúncio de *Physalaemus cuvieri* no cenário atual (presente), futuro otimista (RCP45) e futuro pessimista (RCP85).

O modelo do cenário atual apresenta uma ampla distribuição espacial das atividades de canto de *P. cuvieri*, durante todo o período noturno (21:00h às 06:00h) e até às 09:00h do período diurno e encontram-se, simultaneamente, maiores intensidades acústicas. Visto também que há presença, de forma discreta, de atividades ao longo do restante do período diurno (12:00h às 18:00h) (Figura 11), após projetar futuros cenários de mudança climática, observa-se que no cenário otimista o período de maior vocalizações noturnas, não apresenta mudanças em seu horário, no entanto, pode-se observar maiores restrições nas atividades diurnas (Figura 12). Na predição do cenário pessimista a espécie perderá quase por completo as áreas de melhor adequabilidade para

exercer a atividade acústica no período diurno, mas manterão o padrão noturno de maior emissão acústica (Figura 13).

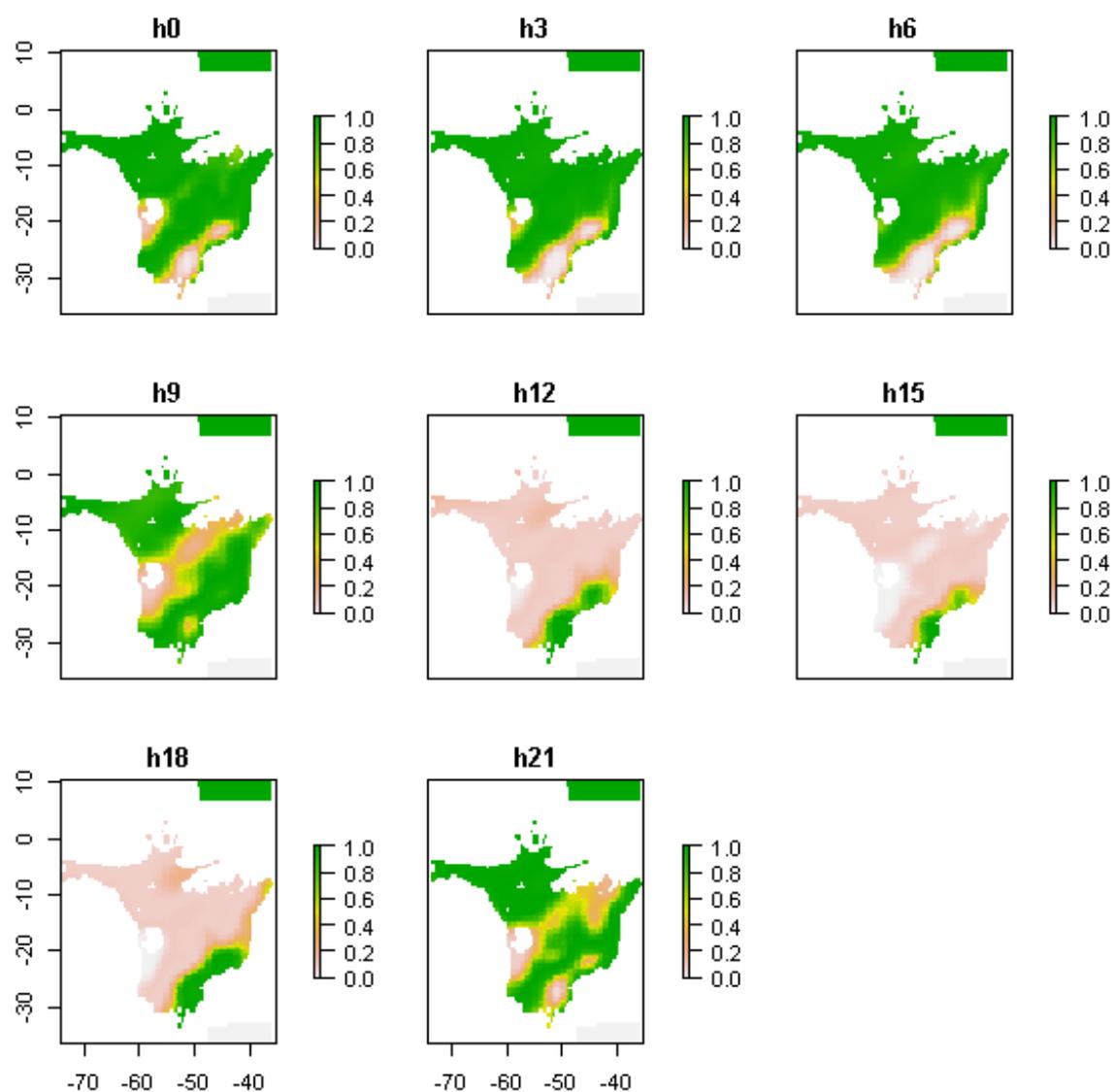


Figura 11. Distribuição espacial das atividades diárias de canto de anúncio de *Physalaemus cuvieri* em diferentes períodos. No período noturno (21:00h às 06:00h) onde a espécie apresenta atividade simultaneamente na maioria das áreas de ocorrência.

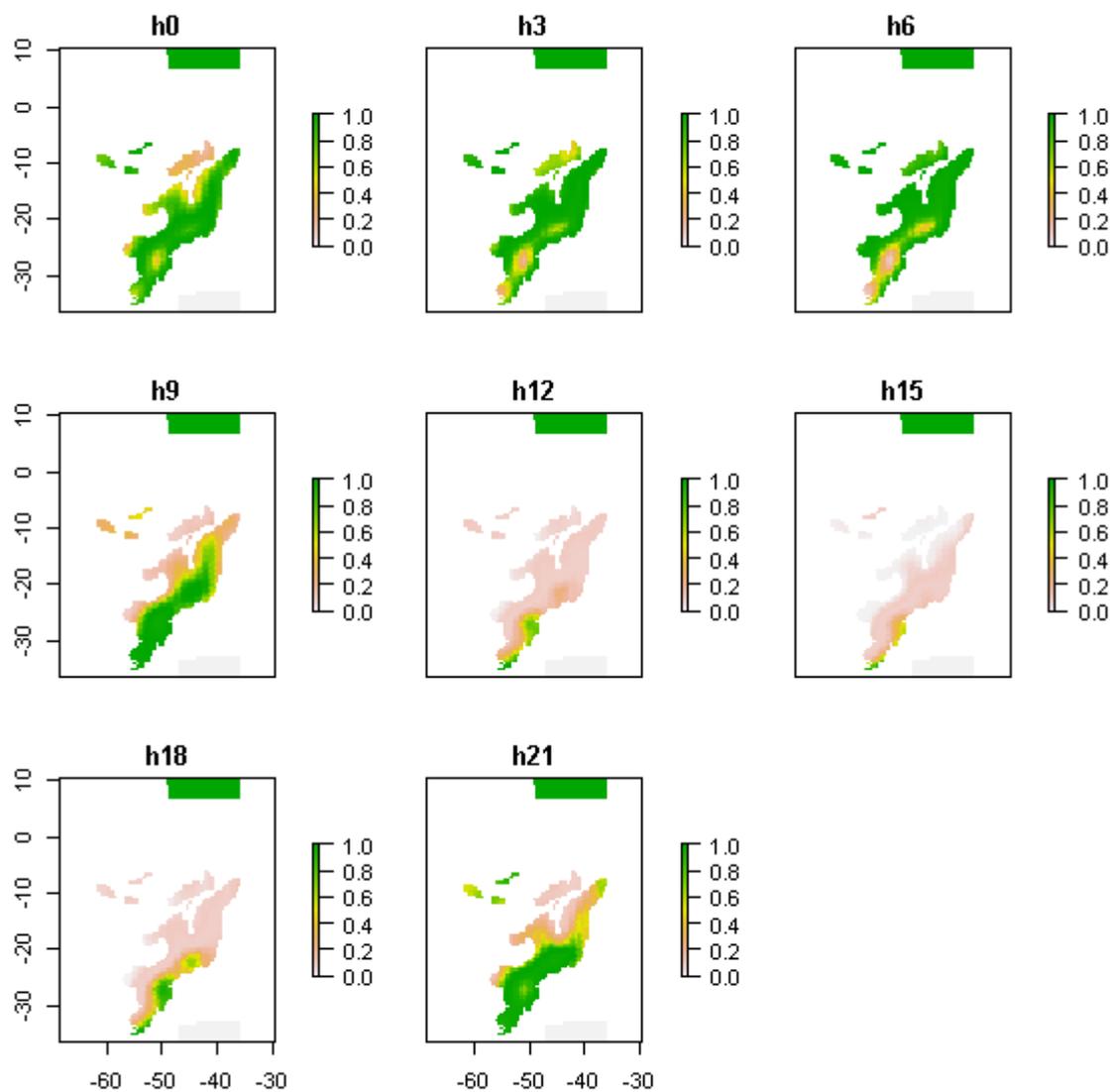


Figura 12. Cenário otimista (RCP45) da distribuição espacial das atividades diárias de canto de anúncio de *Physalaemus cuvieri* em diferentes períodos para o ano 2100. As áreas de com verde apresenta maior adequabilidade de clima para a espécie.

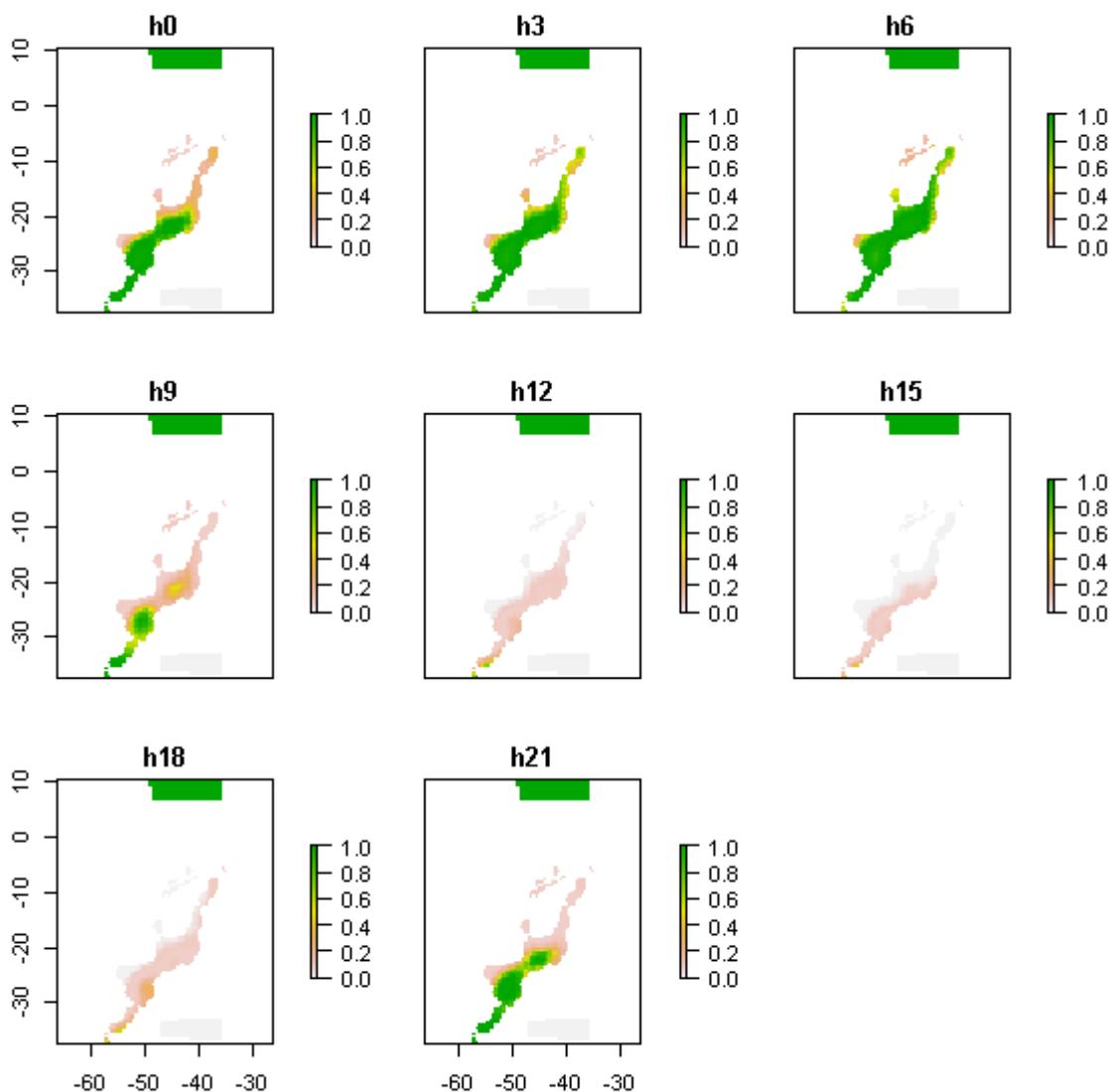


Figura 13. Cenário pessimista (RCP85) da distribuição espacial das atividades diárias de canto de anúncio de *Physalaemus cuvieri* em diferentes períodos para o ano 2100.

- *Padrão de atividade acústica sazonal*

B. ternetzi foi identificada durante os meses de outubro, novembro e dezembro, sendo que as maiores emissões de canto de anúncio ocorreram durante os dois últimos meses. Para *P. cuvieri* houve a presença das suas atividades de acústicas em todos os meses da estação chuvosa, com destaque para maior efeito das atividades acústicas durante o mês de fevereiro (Figura 14).

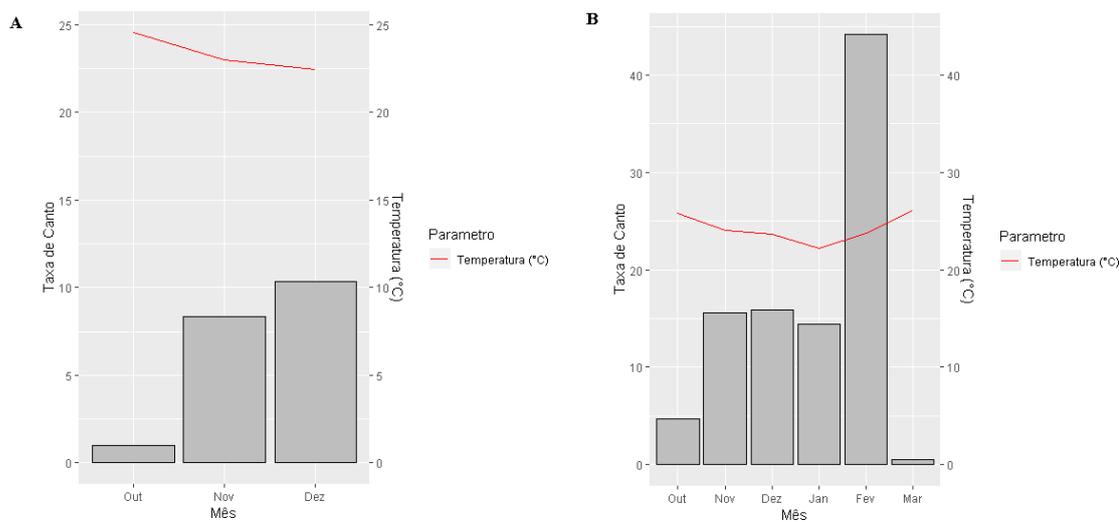


Figura 14. Médias da taxa de canto de anúncio e temperatura ao longo dos meses da estação chuvosa. **(A)** – *Barycholos ternetzi*; **(B)** – *Physalaemus cuvieri*.

Modelagem de nicho acústico sazonal

Na estação chuvosa, o pico máximo da taxa de emissão de canto de *B. ternetzi* no cenário atual ocorre entre os meses de dezembro a março. Ao comparar com as observações nos cenários futuros, ocorrerá, para o cenário otimista, a redução dos cantos ao longo dos meses previstos (dezembro a março), mas o período do pico máximo da atividade será mantido. No cenário pessimista, a espécie sofrerá uma grande redução nas emissões de canto e ausência do seu pico máximo (Figura 15).

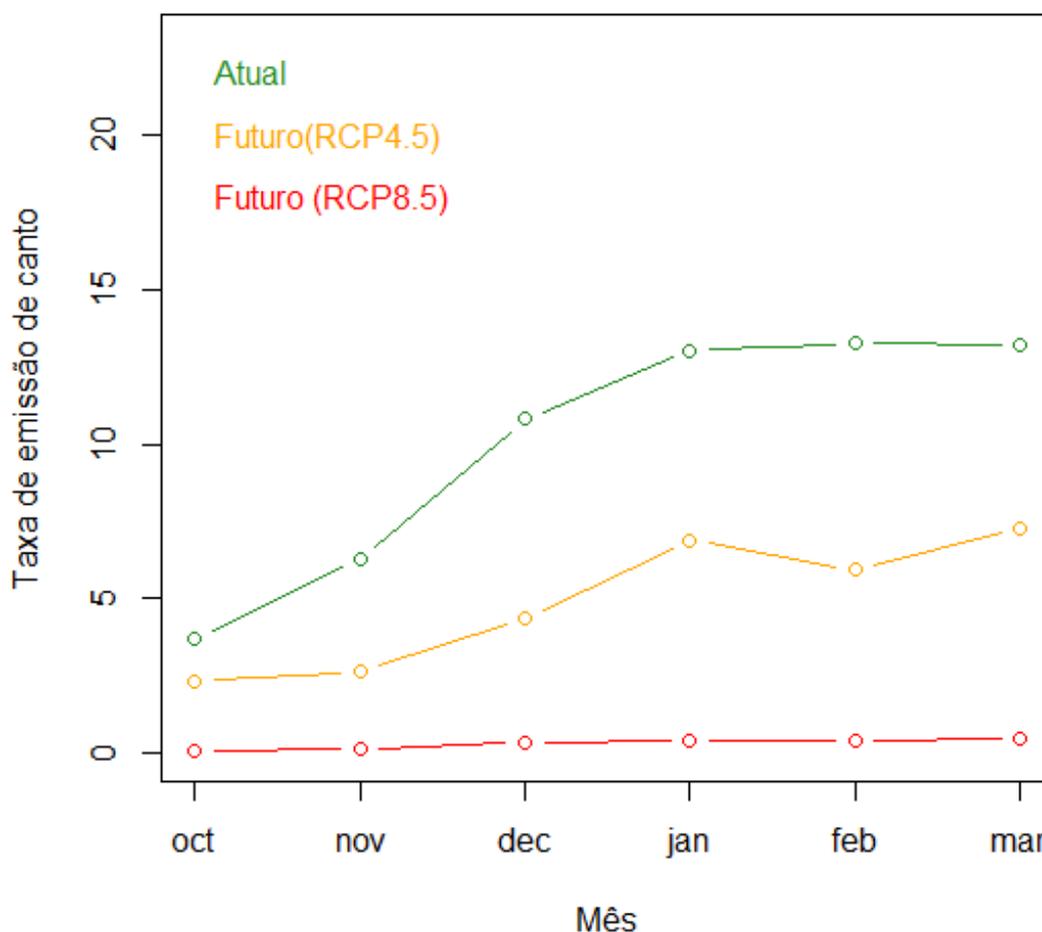


Figura 15. Padrão sazonal das atividades de canto de anúncio de *Barycholos ternetzi* no cenário atual (Presente), futuro otimista (RCP45) e futuro pessimista (RCP85).

O modelo preditivo apresenta para *B. ternetzi* menor distribuição de adequabilidade climática nos dois primeiros meses (outubro e novembro) do cenário atual. Posteriormente, nos demais meses (dezembro, janeiro, fevereiro e março) a espécie mostrou uma ampla distribuição espacial nas áreas adequadas (Figura 16).

As projeções futuras em relação às mudanças climáticas destacam que, para o cenário otimista, o nicho acústico da espécie apresenta uma grande redução das áreas adequadas para as atividades acústicas, mesmo que tenha apresentado o período da sua emissão de canto semelhante ao cenário atual (Figura 17). Já no caso do cenário pessimista, a distribuição espacial do nicho acústico da espécie mostra uma redução de

quase por completo das áreas de melhor adequabilidade para as atividades de vocalização, de forma muito reduzida e restrita, apenas aos meses de dezembro e março (Figura 18).

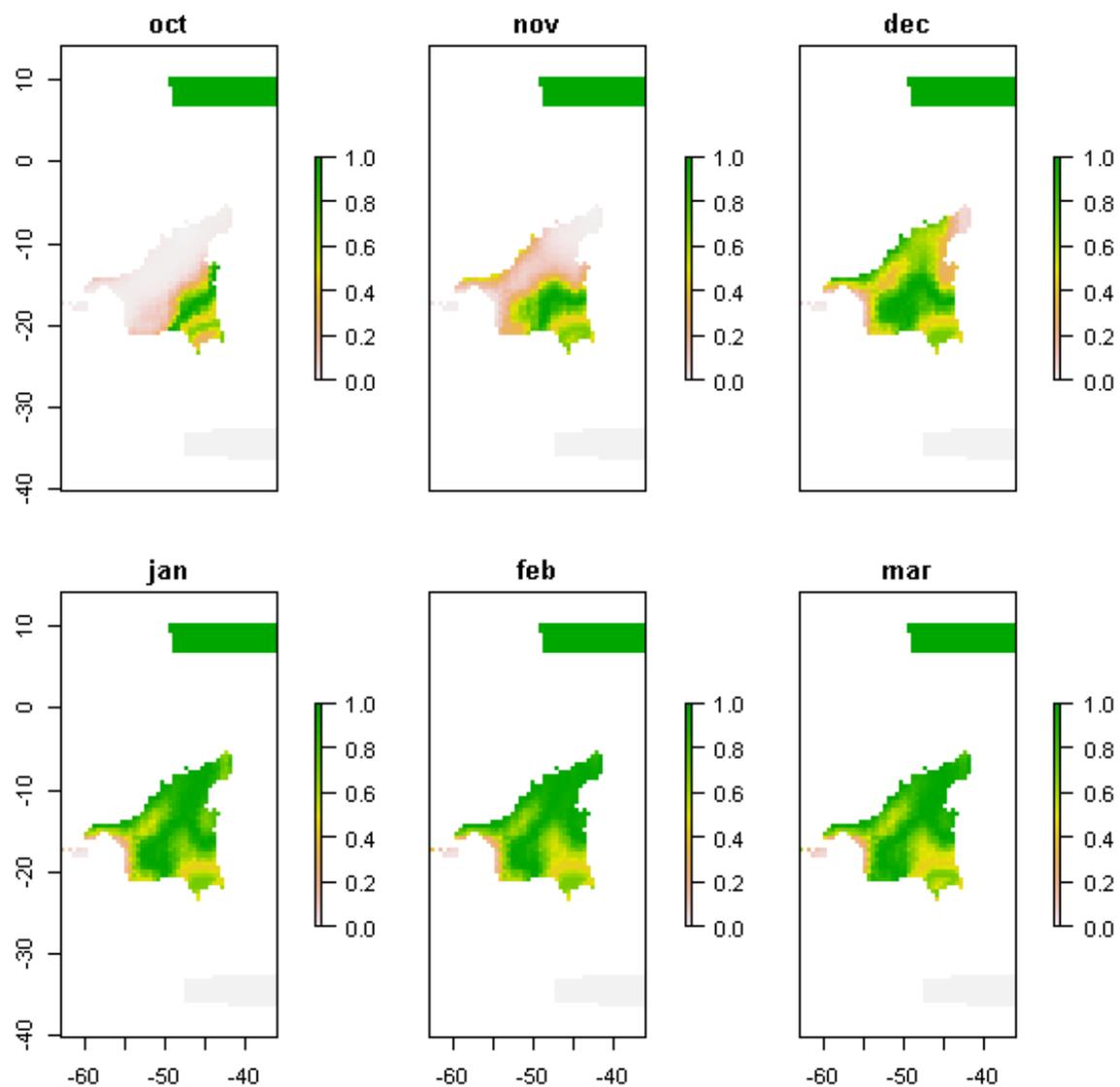


Figura 16. Distribuição espacial do nicho acústico da espécie *Barycholos ternetzi* em relação à sazonalidade da estação chuvosa no atual cenário.

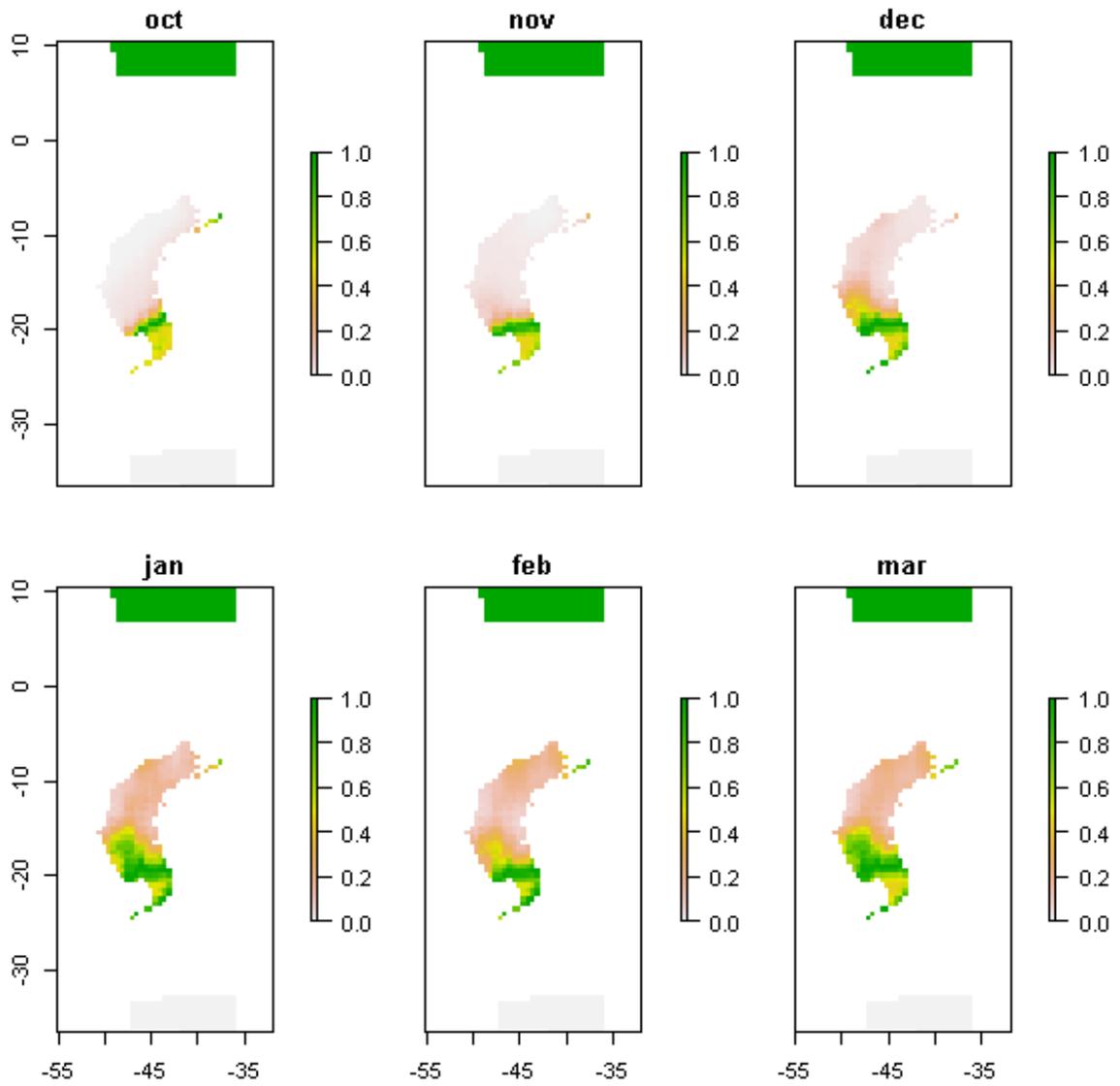


Figura 17. Distribuição espacial do nicho acústico da espécie *Barycholos ternetzi* em relação à sazonalidade da estação chuvosa no cenário futuro otimista (RCP45).

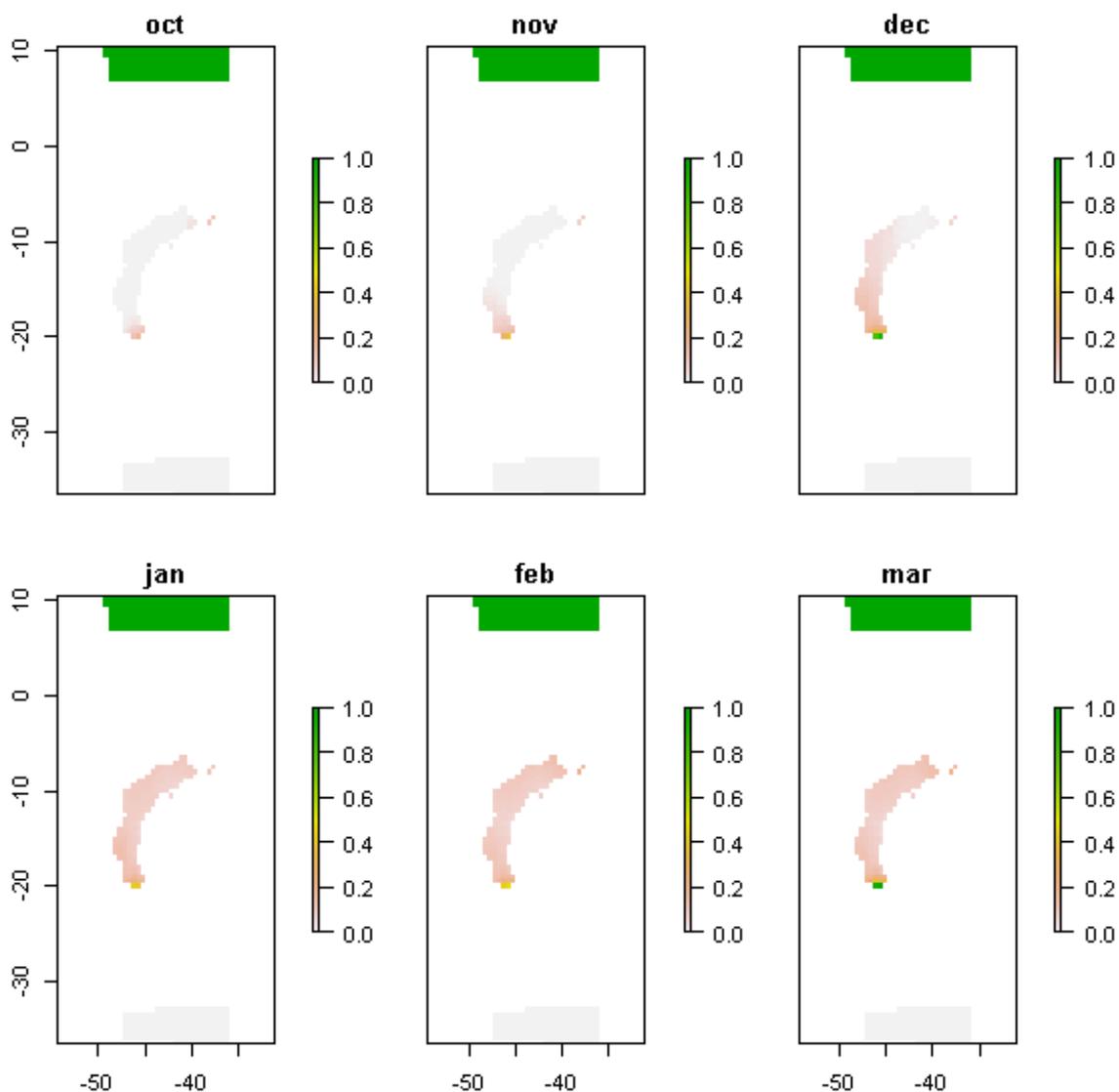


Figura 18. Distribuição espacial do nicho acústico da espécie *Barycholos ternetzi* em relação à sazonalidade da estação chuvosa no cenário futuro pessimista (RCP85).

P. cuvieri, para cenário atual, apresenta o pico da taxa de emissão de canto máxima da metade ao final da estação (janeiro, fevereiro e março). Ao observar as ações da mudança climática no futuro, nota-se que para o cenário otimista, houve uma diminuição da emissão de canto ao longo dos meses. No cenário pessimista, o pico máximo das atividades de canto desloca para os primeiros meses da estação (outubro e novembro), que posteriormente, há uma grande redução da emissão de canto nos meses de janeiro e fevereiro, diferenciando com o cenário atual (Figura 19).

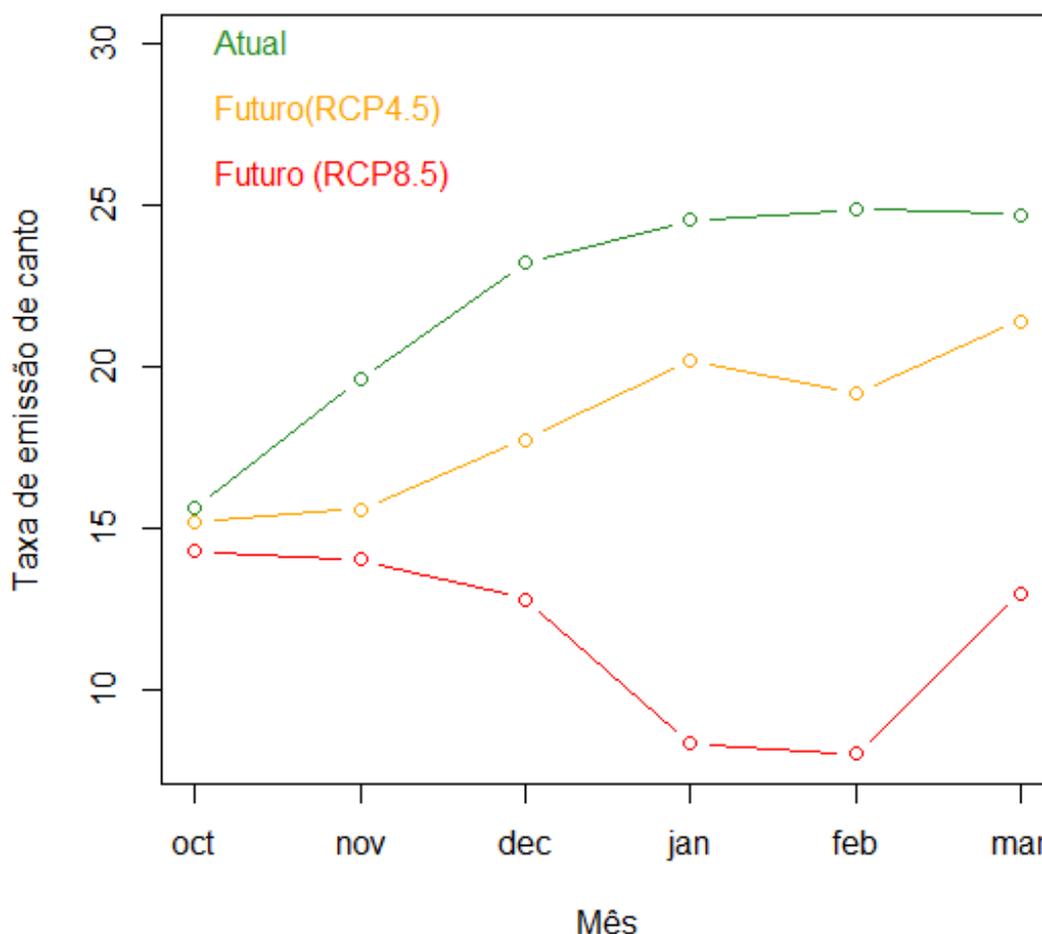


Figura 19. Padrão sazonal das atividades de canto de anúncio de *Physalaemus cuvieri* no cenário atual (Presente), futuro otimista (RCP45) e futuro pessimista (RCP85).

No cenário atual, as predições da distribuição espacial do nicho acústico de *P. cuvieri* mostram alta ocorrência de áreas com maiores adequabilidades climática para a espécie exercer a sua atividade de canto ao longo dos meses da estação. Apenas os dois primeiros meses (outubro e novembro) da estação chuvosa constituem áreas ainda desfavoráveis para a atividade acústica da espécie. No entanto, nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março a espécie apresenta ampla distribuição em todas as áreas de ocorrência (Figura 20).

As projeções futuras da distribuição espacial do nicho acústico da espécie para o cenário otimista, apresenta perdas de áreas climaticamente adequadas para as emissões

de canto. No entanto, o período das atividades ao longo dos meses permanece similar ao cenário atual (Figura 21). No caso do cenário futuro pessimista, houve um deslocamento do pico máximo das emissões acústica da espécie para os dois primeiros meses da estação chuvosa (outubro e novembro) distinguindo do padrão do cenário atual (Figura 22).

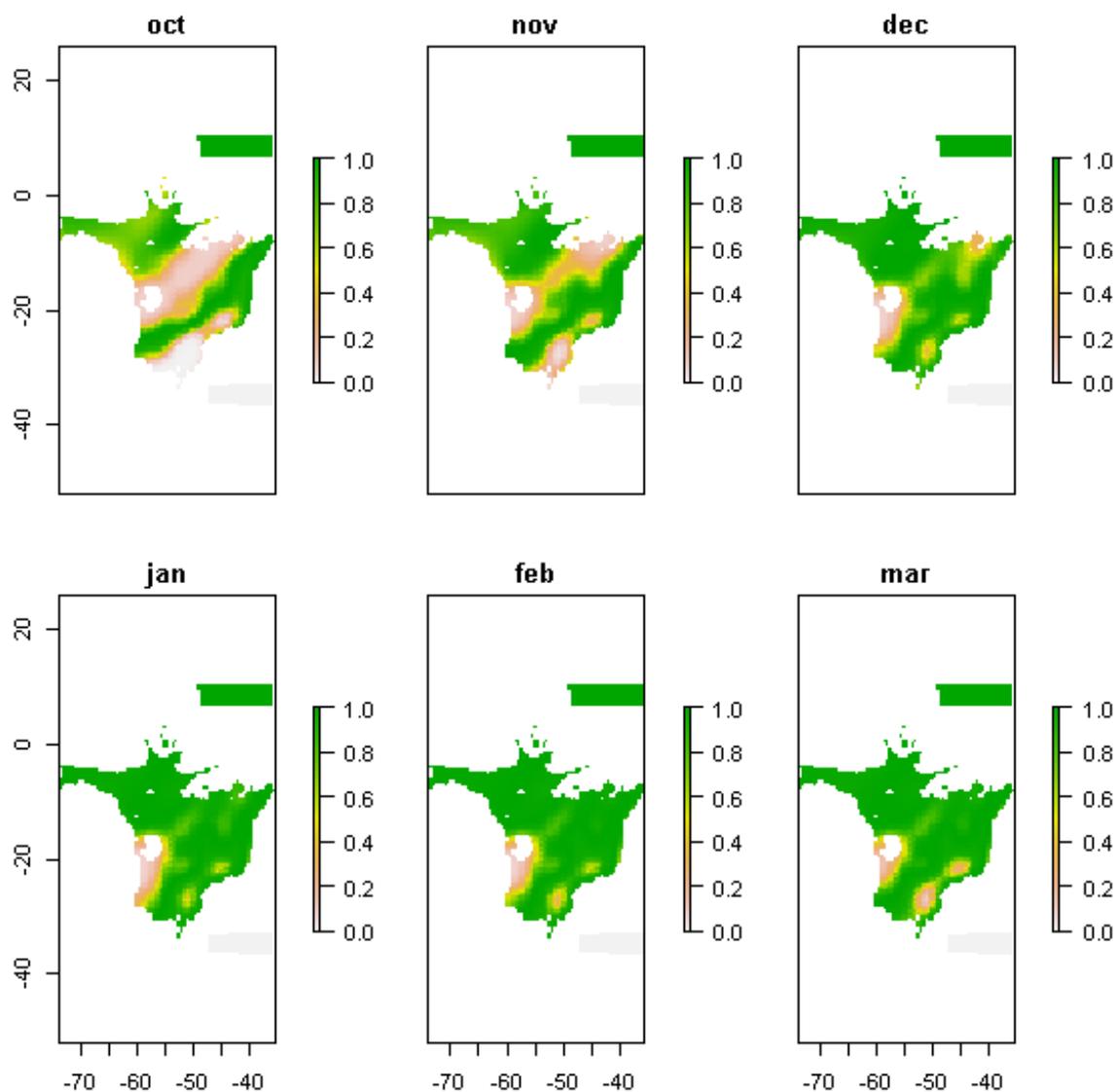


Figura 20. Distribuição espacial do nicho acústico da espécie *Physalaemus cuvieri* em relação à sazonalidade da estação chuvosa no atual cenário.

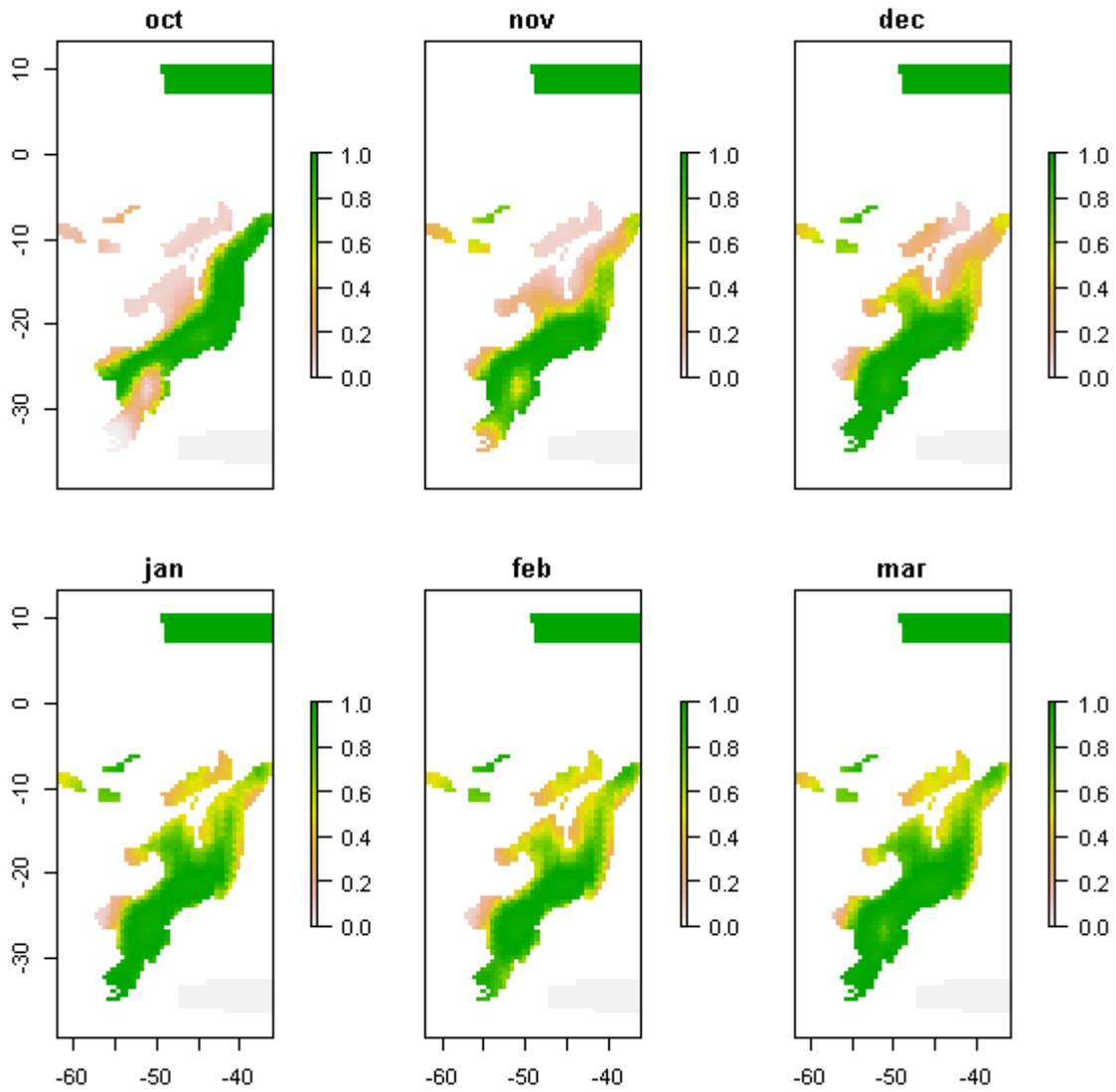


Figura 21. Distribuição espacial do nicho acústico da espécie *Physalaemus cuvieri* em relação à sazonalidade da estação chuvosa no cenário futuro otimista (RCP45).

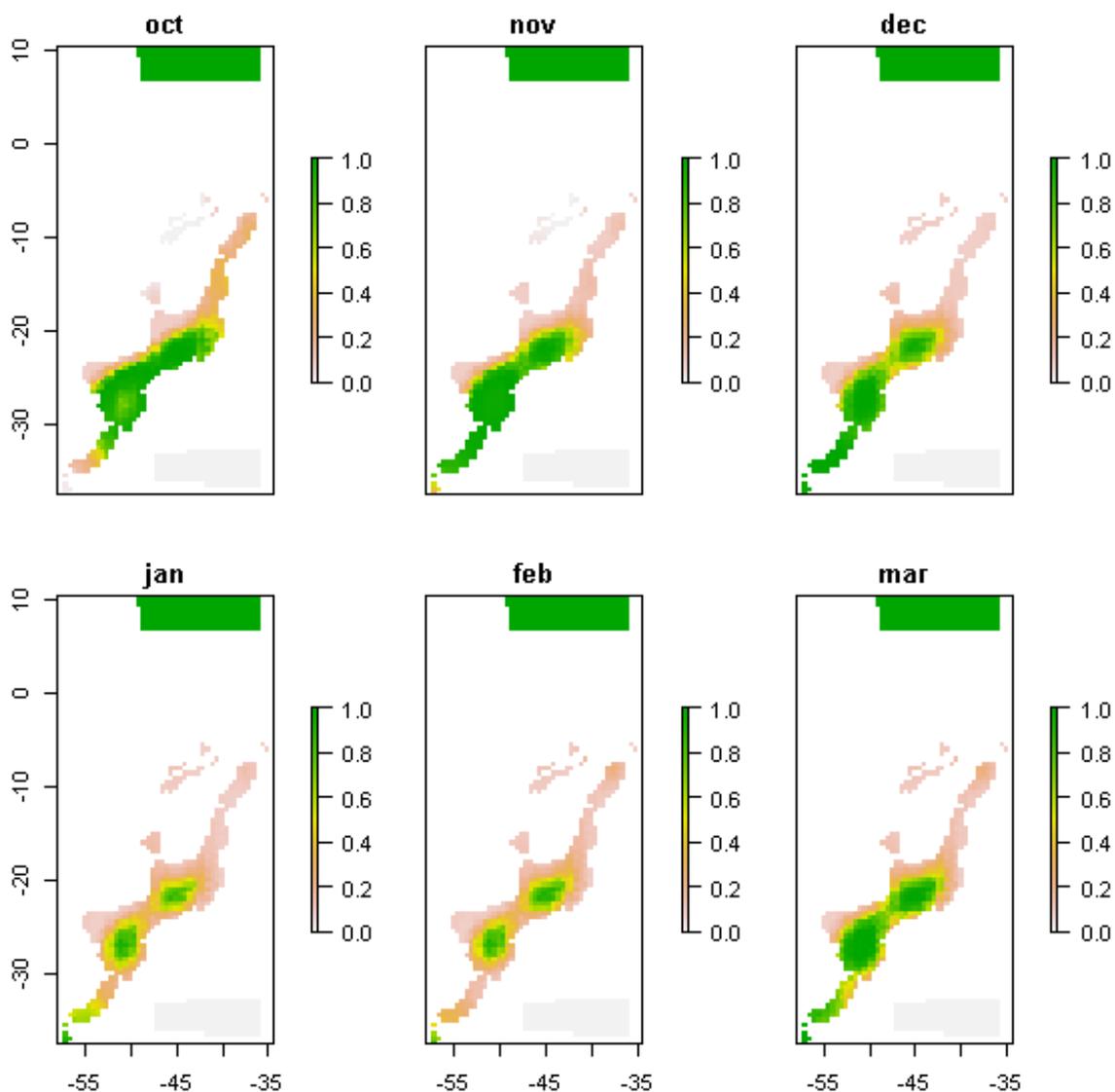


Figura 22. Distribuição espacial do nicho acústico da espécie *Physalaemus cuvieri* em relação à sazonalidade da estação chuvosa no cenário futuro otimista (RCP85).

Modelagem de nicho ecológico

Nas predições apontadas nos modelos de nicho, *B. ternetzi* apresenta atualmente ampla distribuição geográfica dentro no bioma Cerrado (Figura 23) e *P. cuvieri* ocupa diversos biomas brasileiros, tal como Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica (Figura 24). Ao observar as mudanças climáticas para futuro, nos cenários otimistas (RCP45) e pessimistas (RCP85), aponta-se que para *B. ternetzi* ocorrerá uma perda de

adequabilidade de áreas oeste e terá uma tendência de ocupações de áreas adequadas na região nordeste brasileiro (Figura 23), por outro lado, *P. cuvieri* apresentará tendência à perda de adequabilidade de áreas na região norte até que a espécie se torne mais restrita no sudeste brasileiro, onde a região é caracterizada pelo bioma da Mata Atlântica (Figura 24).

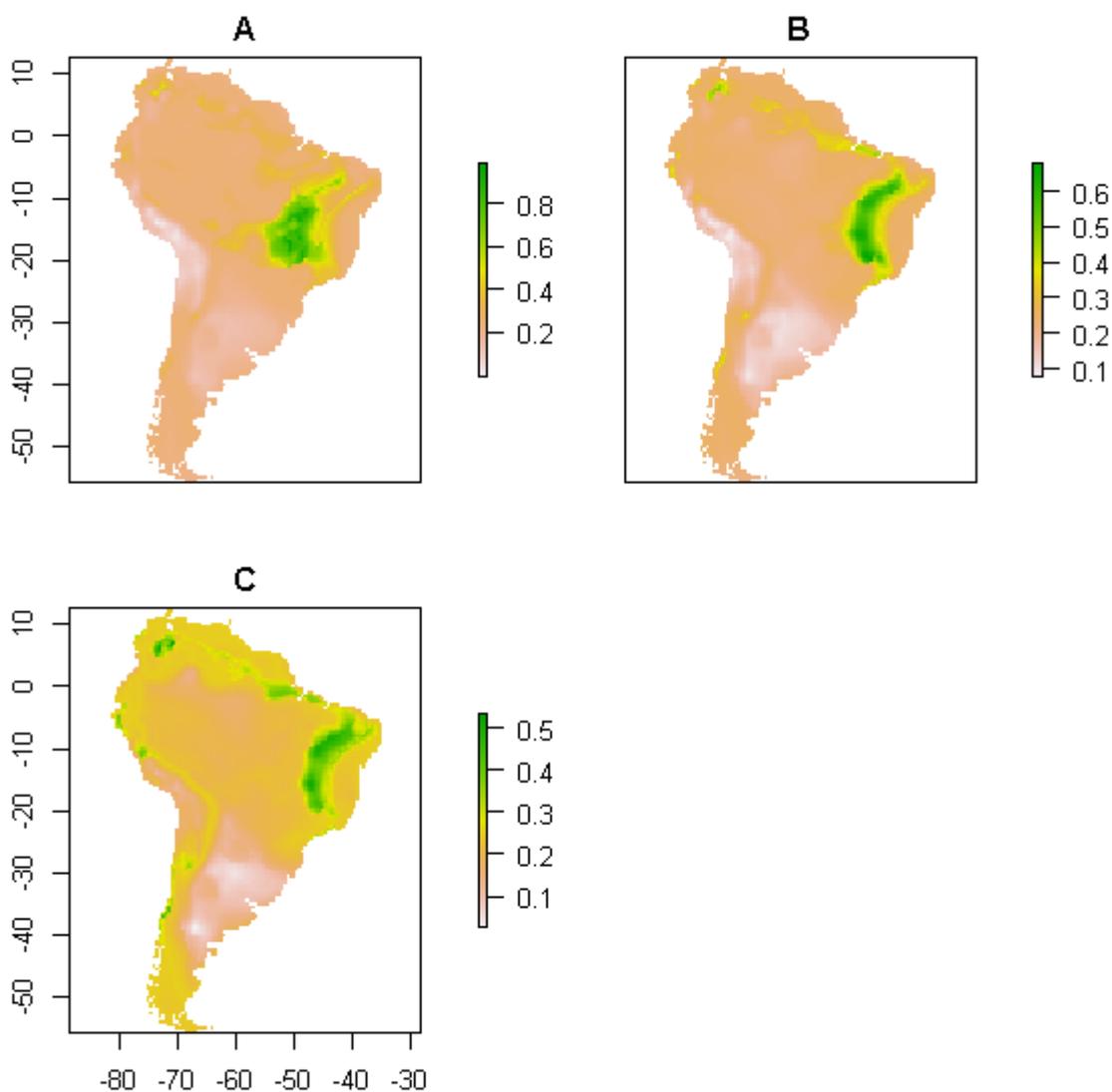


Figura 23. Distribuição geográfica de *Barycholos ternetzi* predita pelo modelo de nicho ecológico, onde as localidades preenchidas pela cor verde representam áreas de melhor adequabilidade para a espécie. (A) – Cenário presente; (B) – Cenário futuro otimista (RCP45); (C) – Cenário futuro pessimista (RCP85).

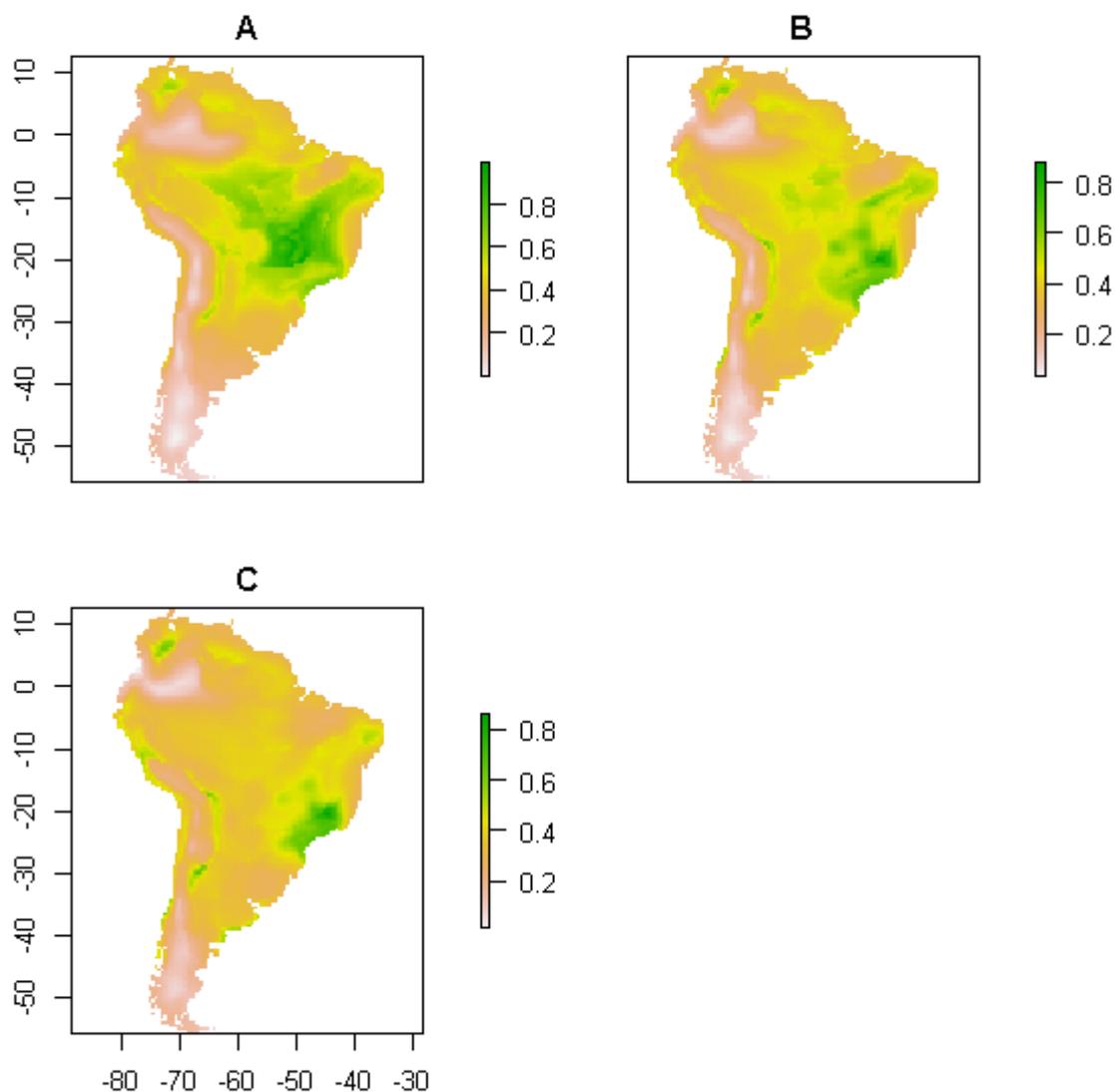


Figura 24. Distribuição geográfica de *Physalaemus cuvieri* predita pelo modelo de nicho ecológico, onde as localidades preenchidas pela cor verde representam áreas de melhor adequabilidade para a espécie. (A) – Cenário presente; (B) – Cenário futuro otimista (RCP45); (C) – Cenário futuro pessimista (RCP85).

DISCUSSÃO

Neste estudo a fenologia de *Barycholos ternetzi* e *Physalaemus cuvieri*, espécies com preferências por ambientes distintos, apresentaram respostas comportamentais similares, relacionadas às variações climáticas. A heterogeneidade térmica sujeita os organismos a criarem respostas adaptativas em sua biologia, determinando faixas de temperaturas nas espécies, sendo expressas desde o nível gênico a comportamental (ANGILLETTA *et al.* 2006; LLUSIA *et al.* 2013). As temperaturas nos períodos dos

cantos de *P. cuvieri* mostrou uma amplitude térmica maior, comparada com *B. ternetzi*, pressupondo que *P. cuvieri* suporta maiores variações térmicas. As faixas térmicas de ambos coincidem nas observações nos estudos anteriores, como Lemes *et al.* (2012) que registraram os cantos *B. ternetzi* na faixa de temperatura de 19°C a 28 °C, e também observado por Gambate & Bastos (2014), apontando as temperaturas dos cantos *P. cuvieri* entre 14,6°C a 39,9 °C.

O canto de anúncio é o mais comum das vocalizações de anuro, emitidos no período da estação chuvosa, podendo consistir em diversos tipos de parâmetros entre as espécies (BASTOS *et al.* 2011; GUERRA *et al.* 2018). Por serem ectotérmicos, os atributos acústicos mostram respostas relacionadas com os fatores ambientais (WELLS, 1977; LLUSIA *et al.* 2013), como por exemplo a temperatura (MORAIS *et al.* 2012; OSPINA *et al.* 2013). Essas observações já tinham sido reportadas em outros estudos como em Lemes *et al.* (2012) e Gambate & Bastos (2014), mostrando que a temperatura relaciona negativamente nas taxas e na durações dos cantos de *B. ternetzi* e nas durações dos cantos de *P. cuvieri*.

A alta emissão do canto de anúncio de *B. ternetzi* aconteceu no começo da noite, onde há uma queda de temperatura nos horários das 18:00h às 19:00h, proporcionando o estímulo para o repertório acústico. As atividades ocorreram ao longo de todo período noturno (17:00h a 06:00h), colaborando com o que foi encontrado por Lemes *et al.* (2012). No caso de *P. cuvieri* os eventos dos cantos foram registrados em todos os períodos do dia, tanto noturno, que corrobora com Duarte *et al.* (2019), e diurno, um fato ainda não descrito até o momento. Entre as 19:00h às 20:00h ocorreu à alta emissão de canto, onde houve o declínio da temperatura, viabilizando o repertório acústico.

As espécies estudadas neste estudo apresentaram padrão reprodutivo prolongado, exercendo as atividades de canto ao longo dos meses da estação chuvosa. Wells (1977) afirma que o período de reprodução de uma população em uma área geograficamente limitada, não seja necessariamente o mesmo padrão temporal do período de reprodução da espécie como um todo. Por exemplo, Canelas & Bertoluci (2007) e Duarte *et al.* (2019) relatam respectivamente, na mesma localidade dos estudos, que *P. cuvieri* exerce as vocalizações no começo da estação (meses de outubro a dezembro), registrando que no mês de novembro ocorre maior intensidade acústica. No presente estudo, tanto o modelo de nicho acústico e os registros das taxas de canto, apresentaram que *P. cuvieri* exerce as atividades acústica ao longo de todos os meses da estação chuvosa (outubro a março), sendo que, é na segunda metade da estação (principalmente

no mês de fevereiro) que a adequabilidade para intensidades acústica é maior. A mesma definição de Wells (1977) pode valer para *B. ternetzi*, mesmo que as amostragens detectaram a espécie somente no começo da estação, o padrão espacial e temporal apontados pelo modelo acústico, destaca para a segunda metade da estação ocorre a maior intensidade de canto.

A mudança climática nos cenários futuro, apresentados pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), apontam o aumento da temperatura média global entre 1,5 a 4°C até o final do século XXI (IPCC, 2013), sendo considerados cenários otimista e pessimista. Como discutido anteriormente, a temperatura influencia nas respostas em animais ectotérmicos, e com os avanços da mudança climática, anfíbios anuros irão moldar a sua fenologia e distribuição (ANGILLETTA *et al.* 2006; COSTA, *et al.* 2012; LLUSIA, *et al.* 2013; OSPINA *et al.* 2013). Os modelos dos cenários futuro das espécies do presente estudo, apresentaram respostas comportamentais diante as alterações climáticas, moldando os padrões temporais. Para as duas espécies, acarretou no deslocamento do pico máximo das atividades acústica diárias para o final da madrugada. No padrão da sazonalidade, considerando o cenário pessimista, ocasionou uma grande redução das intensidades de canto de *B. ternetzi*, chegando a ser quase nula. No caso de *P. cuvieri*, o quadro pessimista, apresenta o deslocamento do pico máximo para os dois primeiros meses da estação chuvosa (outubro e novembro), devido à grande redução das intensidades do canto nos meses seguintes. Semelhante o caso de *Eleutherodactylus brittoni* e *E. juanariveroi* (OSPINA *et al.* 2013) a relação negativa do canto com a temperatura pode favorecer o declínio das populações de *B. ternetzi* e *P. cuvieri*, levando os machos a reproduzir menos emissões de canto e consequentemente menos eventos reprodutivo.

A distribuição geográfica de *B. ternetzi* se concentra atualmente na região central do Brasil com a predominância do domínio Cerrado, classificando-a como espécie endêmica (PAVAN, *et al.* 2004; VALDUJO *et al.* 2012; FROST, 2019; OLIVEIRA *et al.* 2019). O modo de vida da espécie é especialista e possui preferências por ambientes florestais. O modo de reprodução é direto (ausência de fase larval) onde o indivíduo deposita seus ovos sobre a serapilheira úmida do fragmento (BASTOS *et al.* 2003; ARAÚJO *et al.* 2007; GAMBALE *et al.* 2014a, OLIVEIRA *et al.* 2019). No presente estudo, a predição do modelo de nicho no cenário atual mostra que a distribuição das áreas com adequabilidade para o predomínio da espécie confirma o que já havia sido registrado e ressaltado em estudos anteriores (PAVAN *et al.* 2004, ARAÚJO *et al.* 2007;

VALDUJO *et al.* 2012; GAMBALE *et al.* 2014; NEVES *et al.* 2019; OLIVEIRA *et al.* 2019).

O Cerrado constitui um mosaico fitofisionômico com vegetações florestais, savanas e campestres (RIBEIRO & WALTER, 1998). Durante o Holoceno, provavelmente, as regiões que atualmente correspondem savanas eram compostas por vegetações florestais que reduziram em resposta da mudança climática, durante o período quente e seco (FREITAS *et al.* 2001; SOBRAL-SOUZA & LIMA-RIBEIRO, 2017; MIRANDA *et al.* 2019). Possivelmente esses ambientes eram favoráveis para *B. ternetzi*, proporcionando a expansão populacional e o efeito da dispersão. Com o avanço da savana, os ambientes florestais passaram a estar mais restritos, limitando as áreas adequadas para a espécie. Em um cenário futuro, segundo os modelos apresentados, as áreas com as adequabilidades climáticas da região oeste serão reduzidas, proporcionando uma ocupação para o nordeste. Porém, *B. ternetzi* é considerada endêmica do Cerrado (VALDUJO *et al.* 2012; OLIVEIRA *et al.* 2019), desta forma não seria plausível que a espécie para o nordeste, uma região classificada pelo bioma Caatinga que não constitui um ambiente florestal. Vale lembrar que as perturbações antrópicas (ex. expansão agrícola, urbanização, indústrias e alta exploração) modifica a vegetação natural (MITTERMEIER *et al.* 2011), contribuindo nas restrições das áreas adequadas. Ao somar mudança climática do futuro e perturbações antrópicas, provavelmente as áreas reais adequadas para *B. ternetzi* seriam mais restritas do que apresentados pelos modelos de nicho.

Atualmente, *P. cuvieri* é uma espécie com ampla distribuição geográfica na América do Sul, com a maior representatividade no território brasileiro (MIJARES *et al.* 2010. FROST, 2019). Nas construções dos modelos espaço-temporal apresentados por Miranda *et al.* (2019), estimaram que as regiões do oeste do Cerrado eram localidades raízes das linhagens de *P. cuvieri*, dispersando para o sul e sudeste do Brasil. A expansão das populações começou no início do Plioceno que posteriormente atingiu o nível mais alto de dispersão durante o Quaternário. Este modelo de nicho apontou que esta dispersão aconteceu no período mais quente do Plioceno, restringindo a espécie nas localidades dentro do refúgio histórico, isto é, regiões centro e sul do Cerrado, sul da Caatinga e sudeste e sul da Mata Atlântica. No presente estudo, o modelo de nicho no cenário atual corrobora com os resultados apresentados por Miranda *et al.* (2019), mostrando as áreas de adequabilidade para a espécie ao longo dos biomas citados. O clima foi um dos preditores que induziram as dispersões das linhagens, e ao associar as predições dos

cenários futuro (otimista e pessimista), é observado que as áreas adequadas estarão restritas nas regiões sudeste brasileiro, onde o bioma é a Mata Atlântica.

De acordo com a categoria de *status* de conservação da IUCN (*International Union for Conservation of Nature*), *B. ternetzi* e *P. cuvieri* são classificados atualmente como “Pouco preocupante” (PAVAN *et al.* 2004; MIJARES *et al.* 2010), devido a ampla distribuição e a alta abundância das populações. Tomando por base os cenários futuros do presente estudo, muito provável que estas espécies estarão consideradas na categoria de ameaçadas, visto que, tanto a distribuição e as atividades reprodutivas serão afetadas negativamente com o avanço da mudança climática. Vale ressaltar que o Cerrado possui espécies endêmicas consideradas “Ameaçadas” ou “Deficiente de Dados” (MMA, 2014; ICMBio, 2016), que também selecionam ambientes semelhantes das espécies estudadas para a sua reprodução, que provavelmente passarão por ameaças eminentes no futuro. Por exemplo, espécies como *Allobates goianus* e *Proceratophrys moratoii* possuem preferências por ambientes florestal e que atualmente não são mais encontradas nas localidades tipos (SANTORO & BRANDÃO, 2014; ROLIM & ALMEIDA, 2017), e ao enfrentar o mesmo efeito do *B. ternetzi*, essas espécies de proporções limitadas, possivelmente estarão respondendo o ponto crítico da extinção.

O estudo constatou que ambas espécies modelos apresentaram respostas relacionadas ao clima, na qual as predições futuras apontaram para elas, o declínio das atividades de vocalização e das distribuição geográfica. *P. cuvieri*, espécie de área aberta, mostrou uma maior tolerância nas variações térmicas e que *B. ternetzi*, de preferência por ambiente florestal, estarão mais susceptível a essa mudança climática. O método de monitoramento acústico passivo foi de uso imprescindível para poder descrever, em partes, o comportamento reprodutivo. Em conjunto com os modelos acústico e ecológico foram importantes para prever as respostas das espécies em relação a mudança climática. Esses métodos e resultados poderão subsidiar novas hipóteses para a história natural, podendo contribuir futuramente, em justificativas e metodologias para a conservação de anuros do Cerrado.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARAÚJO, C. O.; CONDEZ, T. H.; HADDAD, C. F. B. Amphibian, Anura, *Brachycolos ternetzi*, *Chaunus rubescens*, and *Scinax canastrensis*: Distribution extension, new state record. **Check List**, v. 3, n. 2, p. 153 – 155, 2007.

ARAÚJO, M. B.; NEW, M. Ensemble forecasting of species distributions. **TRENDS in Ecology and Evolution**, v. 22, p. 42-4, 2007.

BASTOS, R. P.; MOTTA, J. A. O.; LIMA, L. P.; GUIMARÃES, L. D. Anfíbios da Floresta Nacional de Silvânia, estado de Goiás. Goiânia: Stylo Gráfica e Editora, 2003.

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

BELLAERD, C.; BERTELSMEIER, C.; LEADLEY, P.; THUILLER, W.; COURCHAMP, F. Impacts of climate change on the future of biodiversity. **Ecol. Lett.**, v. 15, n. 4, p. 365 – 377, 2012.

BIOACOUSTICS RESEARCH PROGRAM. Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software. Version 1.4. The Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York. [software], 2011.

BLAUSTEIN, A. R.; WALLS, S. C.; BANCROFT, B. A.; LAWLER, J. J.; SEARLE, C. L.; GERVASI, S. S. Direct and indirect effects of climate change on amphibian populations. **Diversity**, v. 2, p. 281 – 313, 2010.

BRASILEIRO, C. A.; SAWAYA, R. J.; KIEFER, M. C.; MARTINS, M. Amphibians of an open cerrado fragmente in southeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 5, n. 2, p. 1 – 17, 2005.

CANELAS, M. A. S. & BERTOLUCI, J. Anurans of the Serra do Caraça, southeastern Brazil: species composition and phenological patterns of calling activity. *Iheringia*. **Série Zoologia**, v.97, n.1, p.21 – 26, 2007.

CARAMASCHI, U.; POMBAL Jr., J.P. *Barycholos savagei*: a junior synonym of *Paludicola ternetzi*, with notes on development. **Journal of Herpetology**, v.35, p.357-360, 2001.

COTSA, T. R. N.; CARNAVAL, A. C. O. Q.; TOLEDO, L. F. Mudanças climáticas e seus impactos sobre os anfíbios brasileiros. **Revista da Biologia**, v. 8, p. 33 – 37, 2012.

DEUTSCH, C. A.; TEWKSBURY, J. J.; HUEY, R. B.; SHELDON, K. S.; GHALAMBOR, C. K.; HAAK, D. C.; MARTIN, P. R. Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. **PNAS**, v. 105, n. 18, p. 6668 – 6672, 2008.

DINIZ-FILHO, J. A. F.; BASTOS, R. P.; RANGEL, T. F. L. V. B.; BINI, L. M.; CARVALHO, P.; SILVA, R. J. Macroecological correlates and spatial patterns of anuran description dates in the Brazilian Cerrado. **Global Ecology and Biogeography**, v 14, n. 5, p. 469-477, 2005.

DINIZ-FILHO, J. A. F.; BINI, L. M.; RANGEL, T. F.; LOYOLA, R. D.; HOF, C.; NOGUÉS-BRAVO, D.; ARAÚJO, M. B. Partitioning and mapping uncertainties in ensembles of forecasts of species turnover under climate change. **Ecography**, v. 32, n. 6, p. 897 – 906, 2009.

DUARTE, M. H. L.; CALIAR, E. P.; VIANA, Y. P.; NASCIMENTO, L. B. A natural orchestra: how are anuran choruses formed in artificial ponds in southeast Brazil? **Amphibia-Reptilia**, p. 1 – 10, 2019.

FREITAS, H. A.; PESSENDA, L. C. R.; ARAVENA, R.; GOUVEIA, S. E. M.; RIBEIRO, H. S.; BOULET, R.; Late quaternary vegetation dynamics in the Southern Amazon Basin inferred from carbon isotopes in soil organic matter. **Quaternary Research**, v. 55, p. 39 – 46, 2001.

FROST, D. R. **Amphibian species of the world: an online reference. American Museum of Natural History.** Electronic database. <<http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/>> Acesso 22 junho 2019.

GAMBALE, P. G. & BASTOS, R. P. Vocal repertoire and bioacoustic analyses in *Physalaemus cuvieri* (Anura, Leptodactylidae) from southern Brazil. **Herpetological Journal**, v.24, p. 31 – 39, 2014.

GAMBALE, P. G.; WOITOVICZ-CARDOSO, M.; VIEIRA, R. R.; BATISTA, V. G.; RAMOS, J.; BASTOS, R. P. Composição e riqueza de anfíbios anuros remanescentes do Cerrado do Brasil Central. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 104, n. 1, p. 50 – 58, 2014.

GIBBS, J. P.; BREISCH, A. R. Climate warming and calling phenology of frogs near Ithaca, New York, 1900 – 1999. **Conservation Biology**, v. 15, n. 4, p. 1175 – 1178, 2000.

GIOVANELLI, J. G. R.; ARAUJO, C. O.; HADDAD, C. F. B.; ALEXANDRINO, J. Modelagem do nicho ecológico de *Phyllomedusa ayeaye* (Anura: Hylidae): previsão de

novas áreas de ocorrência para uma espécie rara. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 3, n. 2, p. 59 – 65, 2008.

GUERRA, V.; LLUSIA, D.; GAMBAALE, P. G.; MORAIS, A. R.; MÁRQUEZ, R.; BASTOS, R. P. The advertisement calls of Brazilian anuras: Historical review, current knowledge and future directions. **PLOS ONE**, v. 13, n. 1, p. 1 – 22, 2018.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBio. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Livro Vermelho, 2016.

KÖHLER, J.; JANSEN, M.; RODRÍGUEZ, A.; KOK, P. J. R.; TOLEDO, L. F.; EMMRICH, M.; GLAW, F.; HADDAD, C. F. B.; RÖDEL, M. O. & VENCES, M. The use of bioacoustics in anuran taxonomy: theory, terminology, methods and recommendations for best practice. **Zootaxa**, v.4251, p. 1 – 124, 2017.

LEMES, P.; TESSAROLO, G.; MORAIS, A. R.; BASTOS, R. P. Acoustic Repertoire os *Barycholos ternetzi* (Anura: Strabomantidae) in Central Brazil. **South American Journal of Herpetology**, v. 7, n. 2, p. 157 – 164, 2012.

LIMA-RIBEIRO, M. S.; VARELA, S.; GONZALEZ-HERNANDEZ, J.; OLIVEIRA, G.; DINIZ-FILHO, J.A.F.; TERRIBLE, L. C. EcoClimate: a database of climate data from multiple models for past, present, and future for macroecologists and biogeographers. **Biodiversity Informatics**, v. 10, p. 1-21, 2015.

LLUSIA, D.; MÁRQUEZ, R.; BOWKER, R. Terrestrial sound monitoring systems, a methodology for quantitative calibration. **Bioacoustics**, v. 20, p. 277-286, 2011.

LLUSIA, D.; MÁRQUEZ, R.; BELTRPÁN, J. F.; BENÍTEZ, M.; AMARAL, J. Calling behavior under climate change: geographical and seasonal variation of calling temperatures in ectotherms. **Global Change Biology**, v. 19, p. 2655 – 2674, 2013.

MEYERS, N.; KENT, J.; DA FONSECA, G. A. B.; MITTERMEIRE, R. A.; MITTERMEIRA, C. B. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853 – 858, 2002.

MIJARES, A.; RODRIGUES, M. T.; BALDO, D. *Physalaemus cuvieri*. In: The IUCN Red List of Threatened Species 2010. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/details/57250/0>> Acesso em: 23 de jun. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Lista de Espécie Quase Ameaçadas e Com Dados Insuficientes. 2014. < <http://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/lista-de-especies-dados-insuficientes> > Acesso em: 29 de jul. 2019

MIRANDA, N. E. O.; MACIEL, N. M.; LIMA-RIBEIRO, M. S.; COLLI, G. R.; HADDAD, C. F. B.; COLLEVATI, R. G. Diversification of the widespread neotropical frog *Physalaemus cuvieri* in response to Neogene-Quaternary geological events and climate dynamics. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 132, p. 67 – 80, 2019.

MITTERMEIER, R. A.; TURNER, W. R.; LARSEN, F. W.; BROOKS, T. M.; GASCON, C. Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. *In*: ZACHOS, F. E. & HABEL, J. C. **Biodiversity hotspots**. Berlin, Germany: Eds. Springer – Verlag, p. 3 – 22, 2011.

MORAIS, A. R.; GAMBALE, P. G.; GUIMARÃES, L. D.; KOPP K; SIGNORELLI, L.; VAZ-SILVA, W.; RAMOS, J.; NOMURA, F.; BASTOS R, P. Anfíbios anuros associados a corpos da água do sudoeste do estado de Goiás. **Biota Neotropica**, v. 11, p. 1-9, 2011.

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. **Herpetological Journal**, v. 22, p. 249 – 257, 2012.

NEVES, M. O.; YVES, A.; PEREIRA, E. A.; ALVES, L.; VASQUES, J. B.; COELHO, J. F. T.; SILVA, P. S. Herpetofauna in a highly endangered area: the Triangulo Mineiro region, in Minas Gerais State, Brazil. **Herpetozoa**, v. 32, p. 113 – 123, 2019.

OLIVEIRA, S. R.; SANTO, C. M.; SOUZA, A. O.; LIMA-RIBEIRO, M. S.; VERGILIO, K.; ZÓRTEA, M.; SILVA, D. A.; MELO, F. R.; GUILHERME, F. A. G.; VAZ-SILVA, W.; MORAIS, A. R. Species composition and reproductive modes of anurans from the southwestern state Goiás, Brazil. **Herpetology Notes**, v. 12, p. 491 – 499. 2019.

OSPINA, O. E.; VILLANUEVA-RIVEIRA, L. J.; CORRADA-BRAVO, C. J.; AIDE, T. M. Variable response of anuran calling activity to daily precipitation and temperature: implications for climate change. **ECOSPHERE**, v. 4, n. 4, p. 1 – 12, 2013.

PAVAN, D.; CARAMASCHI, U.; SILVANO, D. *Barycholos ternetzi*. In: The IUCN Red List of Threatened Species 2004. Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org/species/56328/11461298>> Acesso em: 23 de jun. 2019.

POUNDS, J. A.; BUSTAMANTE, M. R.; COLOMA, L. A.; CONSUEGRA, J. A.; FOGDEN, M. P. L.; FOSTER, P. N.; MARCA, E. L.; MASTERS, K. L.; MERINO-VITERI, A.; PUSCHENDORF, R.; RON, S. R.; SÁNCHEZ-AZOFEITA, G. A.; STILL, C. J.; YOUNG, B. E. Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. **Nature**, v. 439, p. 161 – 167, 2006.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. P. **Ecologia e flora**. Brasília: Embrapa, v. 1, p. 152 – 212, 2008..

ROLIM, D. C.; ALMEIDA, S. C. Disappearance of *Proceratophrys morato* in its type locality by anthropogenic environmental changes. **Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 38, n. 2, p. 119 – 128, 2017.

SANTORO, G.; BRANDÃO, R. Reproductive modes, habitat use, and richness of anurans from Chapada dos Veadeiros, central Brazil. **North-Western Journal of Zoology**, v. 10, n. 2, p. 365 – 373, 2014.

SOBRAL-SOUZA, T.; LIMA-RIBEIRO, M. S. De volta ao passado: revisitando a história biogeográfica das florestas neotropicais úmidas. **Oecologia Australis**, v. 21, n. 2, p. 93 – 107, 2017.

STRASSBURG, B. B. N.; BROOKS, T.; FELTRAN-BARBIERI, R.; IRIBAREM, A.; CROUZEILLES, R.; LOYOLA, R. D.; LATAWIEC, A.; OLIVEIRA, F.; SCARAMUZZA, C. A. M.; SCARANO, F. R.; SOARES-FILHO, B.; BALMFORD, A. Momento of truth for the Cerrado hotspot. **Nature, Ecology & Evolution**, v. 1, n. 0099, p. 1 - 3, 2017.

VALDUJO, P. H.; SILVANO, D. L.; COLLI, G.; MARTINS, M. Anuran species composition and distribution patterns in brazilian cerrado, a neotropical hotspot. **South American Journal of Herpetology**, v. 7, n. 2, p. 63 – 78, 2012.

VASCONCELOS, T. S.; ROSSA-FERES, D. C. 2005. Diversidade, distribuição espacial e temporal de anfíbios anuros (Amphibia, Anura) na região noroeste do estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropical**, v. 5, n. 2, p. 1 – 14, 2005.

WELLS, K. D. The social and behavior os anuran amphibians. **Animal Behavior**, v. 25, p. 666 – 693, 1977.

WELLS, K. D. **The ecology and behavior of amphibians**. Chicago, University Chicago Press, p. 1148, 2007.

WELL, K. D. & SCHWARTZ, J. J. The Behavioral Ecology of Anuran Communication. In: NARINS, P. N.; FENG, A. S.; FAY, R. R.; POPPER, A. N. **Hearing and Sound Communication in Amphibians**. Los Angeles: Springer, p. 44 – 86, 2007.