



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO – UFERSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PROPPG
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE – CCBS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO – PPGEC

PAMELLA BÁRBARA COUTINHO SOARES

**OS PARASITOS AFETAM O CANTO DOS SAPOS?
RELAÇÃO ENTRE A CARGA PARASITÁRIA E
A QUALIDADE DO CANTO DE UMA RÃ NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

MOSSORÓ

2021

PAMELLA BÁRBARA COUTINHO SOARES

OS PARASITOS AFETAM O CANTO DOS SAPOS?
RELAÇÃO ENTRE A CARGA PARASITÁRIA E
A QUALIDADE DO CANTO DE UMA RÃ NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação de Ecossistemas Terrestres.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Cunha Passos.
Co-orientadora: Profa. Dra. Milena Wachlevski

MOSSORÓ

2021

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S676p Soares, Pamella Bárbara Coutinho.
Os parasitos afetam o canto dos sapos? Relação entre a carga parasitária e a qualidade do canto de uma rã no Semiárido brasileiro / Pamella Bárbara Coutinho Soares. - 2021.
40 f. : il.

Orientador: Daniel Cunha Passos.
Coorientadora: Milena Wachlevski.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação, 2021.

1. Amphibia. 2. Comportamento. 3. Parasitismo.
4. Comunicação acústica. 5. Caatinga. I. Passos, Daniel Cunha, orient. II. Wachlevski, Milena, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

PAMELLA BÁRBARA COUTINHO SOARES

OS PARASITOS AFETAM O CANTO DOS SAPOS?
RELAÇÃO ENTRE A CARGA PARASITÁRIA E
A QUALIDADE DO CANTO EM UMA RÃ NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação de Ecossistemas Terrestres.

Defendida em: ____ / ____ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Daniel Cunha Passos, Prof. Dr.
(Universidade Federal Rural do Semi-Árido)
Presidente

Michael Hrnčíř, Prof. Dr.
(Universidade de São Paulo)
Membro Examinador Interno

Karla Magalhães Campião
(Universidade Federal do Paraná)
Membro Examinador Externo

AGRADECIMENTOS

Eu agradeço a toda equipe e aos colaboradores externos do Laboratório de Ecologia e Comportamento Animal – LECA, por todo suporte oferecido no decorrer deste trabalho. Agradeço em especial a Anyssa Oliveira, Eduarda Lima e a Graziella Mâcedo pela dedicação e colaboração nas coletas, bem como em auxílios oferecidos no laboratório. Não poderia deixar de agradecer também pelos momentos de descontração e a amizade.

Agradeço imensamente ao meu amor, Vitor Pessoa, meu companheiro de vida, mas também de campo e laboratório. Mesmo você sendo de uma área tão distante da minha, sua colaboração nas inúmeras noites de campo e dias inteiros de laboratório foram essenciais para que esse trabalho acontecesse. Além de todo suporte em casa, pra me manter focada e determinada, mesmo quando batia o desespero.

Agradeço aos meus orientadores, Daniel Passos e Milena Wachlevski. Na verdade tudo que sei hoje, eu só posso agradecer a vocês. Vocês formaram a profissional que sou, e eu sou muito grata por toda dedicação e paciência comigo neste processo. Já são mais de quatro anos de parceria, que eu espero que se continue se firmando daqui para frente.

Agradeço também a Dona Sebastiana, a Seu Adriano e a Seu Zacarias, proprietários dos terrenos onde realizei minhas coletas. Agradeço pela confiança e por tão prontamente terem disponibilizado meu acesso a propriedade de vocês para realização desse trabalho.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, órgão financiador da minha bolsa de mestrado e a Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, por disponibilizar junto ao LECA a infraestrutura necessária para a realização do trabalho.

Agradeço também a minha família e amigos, que de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização desse manuscrito.

RESUMO

O canto de anúncio é emitido por machos de anuros como forma de atrair parceiras sexuais, e este é considerado um sinal para seleção de potenciais parceiros de qualidade. Os parâmetros acústicos dos cantos de anúncio podem sofrer influência de fatores abióticos e bióticos, como temperatura, umidade e interações com espécies simpátricas. Especificamente, o parasitismo pode afetar negativamente a qualidade da emissão sonora, tendo em vista o elevado investimento energético requerido pela atividade de vocalização. Entretanto, os efeitos do parasitismo no comportamento acústico de anuros ainda são pouco conhecidos, existindo grandes lacunas de conhecimento para muitas espécies e regiões geográficas. Desta maneira, buscamos compreender como a carga parasitária influencia os parâmetros vocais do canto de anúncio de uma pequena rã (Anura:Leptodactylidae), localmente abundante no semiárido brasileiro. Gravamos as vocalizações de 47 machos de *Physalaemus albifrons* (Spix 1824) em três localidades no domínio Caatinga e descrevemos os seguintes parâmetros acústicos com base em 30 cantos por indivíduo: a duração do canto, o intervalo entre cantos, a taxa de repetição, a frequência fundamental e a dominante, a amplitude de frequências e o número de harmônicos. Posteriormente, os indivíduos gravados foram dissecados e avaliados quanto à presença de helmintos em seus tratos digestórios, pulmões, fígado e rins. Não houve influência da ocorrência (presença/ausência) nem da intensidade total de infecção por parasitos sobre os parâmetros acústicos avaliados. Contudo, covariáveis morfológicas e ambientais, tais como tamanho corpóreo e a umidade relativa do ar estiveram negativamente relacionadas a alguns parâmetros vocais. Concluimos que a carga parasitária não provocou prejuízos na comunicação acústica em *P. albifrons* no semiárido brasileiro, implicando que os cantos de anúncio de anuros parasitados podem ser potencialmente tão atraentes quanto aqueles de machos não acometidos por parasitos. Nossos achados contribuem para o entendimento dos efeitos do parasitismo sobre o comportamento acústico de anuros, reforçando a ideia de que em sistemas específicos os parasitos não necessariamente implicam em prejuízos para seus hospedeiros.

Palavras-chave: Amphibia. Comportamento. Parasitismo. Comunicação acústica. Caatinga.

ABSTRACT

The advertisement call is issued by anuran males as a way of attracting sexual partners, and this is considered a signal for the selection of potential quality partners. The acoustic parameters of the advertisement call can be influenced by abiotic and biotic factors, such as temperature, humidity and interactions with sympatric species. Specifically, parasitism can negatively affect the quality of the sound emission, in view of the high energy investment required by the vocalization activity. However, the effects of parasitism on frogs' acoustic behavior are still poorly understood, with large knowledge gaps for many species and geographic regions. In this way, we seek to understand how the parasitic load influences the vocal parameters of the announcement call of a small frog (Anura: Leptodactylidae), locally abundant in the Brazilian semiarid region. We recorded the vocalizations of 47 males of *Physalaemus albifrons* (Spix 1824) in three locations in the Caatinga domain and described the following acoustic parameters based on 30 calls per individual: the duration of the call, the interval between call, the repetition rate, the frequency fundamental and dominant, the amplitude of frequencies and the number of harmonics. Subsequently, the recorded individuals were dissected and evaluated for the presence of helminths in their digestive tracts, lungs, liver and kidneys. There was no influence of the occurrence (presence / absence) or of the total intensity of infection by parasites on the acoustic parameters evaluated. However, morphological and environmental covariates, such as body size and relative humidity were negatively related to some vocal parameters. We conclude that the parasitic load did not cause damage to the acoustic communication in *P. albifrons* in the Brazilian semiarid region, implying that the singing of parasitic anurans can be potentially as attractive as those of males not affected by parasites. Our findings contribute to the understanding of the effects of parasitism on the acoustic behavior of frogs, reinforcing the idea that in specific systems the parasites do not necessarily imply damage to their hosts.

Keywords: Amphibia. Behavior. Parasitism. Acoustic communication. Caatinga.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	12
2.1 Área de estudo	12
2.2 Modelo de estudo.....	12
2.3 Coleta de dados.....	13
2.4 Análises morfológicas e parasitológicas.....	14
2.5 Análises acústicas	14
2.6 Análises estatísticas	15
3 RESULTADOS.....	16
4 DISCUSSÃO	20
REFERÊNCIAS	25
Apêndice I	34
Apêndice II.....	35
Apêndice III.....	36
Apêndice IV	37
Apêndice V.....	39
Apêndice VI	40

ETHOLOGY

OS PARASITOS AFETAM O CANTO DOS SAPOS? RELAÇÃO ENTRE A CARGA PARASITÁRIA E A QUALIDADE DO CANTO EM UMA RÃ NO SEMIÁRIDO BRASILEIROPamella Soares^{1,2*}, Milena Wachlevski^{1,3}, Daniel Passos^{1,2,3}

¹Laboratório de Ecologia e Comportamento Animal, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, CEP 596259-900, Mossoró, RN, Brasil

²Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, CEP 596259-900, Mossoró, RN, Brasil

³Departamento de Biociências, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, CEP 596259-900, Mossoró, RN, Brasil

*Autor por correspondência: Pamella Soares, e-mail: pamella.csoares@gmail.com

Resumo: Machos de muitas espécies de anuros utilizam o canto de anúncio para atração de parceiras para reprodução, sendo esta característica considerada pelas fêmeas como um sinal confiável de qualidade dos parceiros. Portanto, machos que produzem cantos mais atrativos, usualmente tem maiores chances de serem selecionados pelas fêmeas. Os parâmetros acústicos podem sofrer influência de fatores abióticos e bióticos, como temperatura, umidade, interações com espécies simpátricas, incluindo infecções por parasitos. O parasitismo pode ser associado a modificações em diversos parâmetros do canto, podendo afetar negativamente a qualidade do sinal emitido. Ainda há uma lacuna geográfica e filogenética em relação a esse conhecimento. Desta maneira, buscamos compreender como a carga parasitária influencia os parâmetros vocais dos machos de *Physalaemus albifrons*. Não encontramos relação quanto ao status de infecção, nem quanto à intensidade total de infecção por parasitos e os parâmetros do canto de anúncio dos indivíduos. Contudo, covariáveis morfológicas e ambientais, como tamanho corpóreo e a umidade relativa do ar estiveram negativamente associadas a alguns atributos vocais. Concluímos a infecção por helmintos não prejudicou a comunicação acústica em *P. albifrons* no semiárido brasileiro, implicando que os cantos de anúncio de anuros parasitados podem ser potencialmente tão atraentes quanto aqueles de machos não acometidos por parasitos.

Palavras-chave: Anfíbios. Comportamento. Canto de anúncio. Helmintos.

1 INTRODUÇÃO

A vocalização em anuros pode ser emitida em diversos contextos sociais (e.g. Toledo et al., 2015), mas possui função primária de atração de fêmeas e formação de casais para a reprodução (Wells, 1977b; Zelick et al., 1999). O canto de anúncio é o tipo de vocalização mais comum em anuros, sendo espécie-específico e emitido em contextos reprodutivos, constituindo um dos principais atributos avaliados pelas fêmeas para a escolha de parceiros reprodutivos (Tárano, 2015; Tárano & Herrera, 2003; Wells, 1977a; Zelick et al., 1999).

As informações transmitidas nos cantos de anúncio, potencialmente, comunicam às fêmeas sobre a qualidade do parceiro para a reprodução (e.g. Welch et al., 1998), podendo ser consideradas sinais inatos e honestos (Gerhardt and Huber, 2002, Köhler et al., 2017, mas ver exceção em Greenspan et al., 2016; Moretti et al., 2017). A qualidade dos machos pode ser atribuída de diversas formas. Por exemplo, pode ser definida por aqueles que possuem maior tamanho corporal (e.g. Richardson et al., 2010) ou maior vigor durante as atividades de vocalização (e.g. Taylor et al., 2007). Desta forma, machos que possuam atributos vocais considerados de melhor qualidade, usualmente altas taxas de repetição ou cantos com frequências mais baixas (e.g. Tárano & Herrera, 2003; Richardson et al., 2010; Taylor et al., 2007), podem ter mais chances de ser selecionados pelas fêmeas para reprodução (e.g. Tárano & Herrera, 2003; Wells, 2007).

Os parâmetros vocais podem ser classificados como dinâmicos ou estáticos (Gerhardt, 1991). As propriedades dinâmicas, geralmente são compostas por medidas temporais (tais como a duração, intervalos entre cantos e taxa de repetição) podendo possuir uma alta variação intra e interindividual (Gerhardt, 1991) de acordo com contextos comportamentais, variáveis ambientais ou condição corporal. Enquanto que as medidas estáticas são usualmente representadas por parâmetros espectrais (tais como as frequências sonoras, sua amplitude e estrutura harmônica), geralmente variando menos intra e interindividualmente (Brasileiro et al., 2021).

A qualidade do sinal emitido pode ser influenciada por fatores bióticos, abióticos, como também por interações com outros organismos (Wells, 2007). Algumas propriedades do canto podem ser afetadas pelo tamanho corpóreo (e.g. An & Waldman, 2016). Machos maiores tendem a emitir vocalizações com frequências mais baixas, consequentemente, este atributo acústico pode indicar uma qualidade superior do macho (Marquez & Bosch, 2001). De modo similar, fatores ambientais, como temperatura e umidade costumam ser relacionados a alterações em parâmetros dos cantos (Lingnau & Bastos, 2007; Mutumi et al., 2016).

Ambientes com temperatura ou umidade elevadas podem estar associados a reduções na duração dos cantos e a atenuação atmosférica das frequências sonoras emitidas, respectivamente (Greenspan et al., 2016; Lingnau & Bastos, 2007; Mutumi et al., 2016; Turin et al., 2018). Dessa maneira, é importante considerar variáveis morfológicas e abióticas como covariáveis em análises bioacústicas (An & Waldman, 2016; Navas & Bevier, 2001; Turin et al., 2018). A aproximação de fêmeas (Wells, 1977b) o nível de tensão social (e.g. Brasileiro et al., 2021) também podem acarretar alterações nas emissões sonoras. Por fim, interações entre parasitos e hospedeiros anuros também podem ser potencialmente prejudiciais ao *fitness* desses organismos (e.g. Finnerty et al., 2017).

Parasitos comumente são associados a prejuízos a seus hospedeiros (e.g. Galdino et al., 2014; Moretti et al., 2017). O desempenho de animais parasitados pode ser afetado negativamente de diversas maneiras (Kelehear et al., 2019; Mcelroy & Buron, 2014). Em anuros, as interações com parasitos podem reduzir a aptidão dos hospedeiros (e.g. Kelehear et al., 2019), e limitar comportamentos importantes como a locomoção (e.g. Moretti et al., 2014, 2017), e atividades reprodutivas (Pröhl et al., 2013), e até mesmo comprometer as taxas de sobrevivência (Finnerty et al., 2017). Parasitos pulmonares, por exemplo, podem estar associados a diminuição no crescimento e redução nas taxas de emissão de cantos em *Rhinella marina* (Finnerty et al., 2017). Além dos anfíbios, outros grupos animais, tal como grilos e aves, podem sofrer prejuízos nos atributos acústicos quando parasitados, podendo emitir sons em menores taxas, mais curtos e simples (e.g. Bischoff et al., 2009; Cade, 1984; Garamszegi et al., 2004, 2005; Steckler & Conway, 2012).

Apesar de poucos trabalhos terem investigado a relação entre parasitoses e alterações no canto em anuros (e.g. Haufaster et al., 1990; Madelaire et al., 2013; Moretti et al., 2017; Tinsley, 1990), há evidências que quando parasitados, machos podem sofrer uma redução na qualidade de atributos do canto potencialmente importante para a escolha das fêmeas durante a reprodução (e.g. Madelaire et al., 2013), sobretudo quando em más condições corporais (e.g. Roznik et al., 2015). No entanto, em alguns casos, relações entre o parasitismo e a emissão de cantos dos hospedeiros anuros não foram observadas (e.g. Haufaster et al., 1990; Moretti et al., 2017).

Tendo em vista que o conhecimento sobre as relações entre parasitismo e comportamento acústico ainda apresenta lacunas de conhecimento quanto aos efeitos que o parasitismo pode causar no comportamento dos anuros, e que em sistemas com condições climáticas diferentes estas respostas também podem variar, o objetivo geral desta pesquisa foi avaliar como a infecção parasitária influencia a emissão acústica em *Physalaemus albifrons*

(Spix 1824), uma pequena rã neotropical. A hipótese central testada é de que infecção parasitária influenciaria negativamente o desempenho vocal. Desde modo, machos infectados e com uma maior intensidade parasitária total apresentariam alterações nos parâmetros acústicos emitidos relacionados com uma menor atratividade para as fêmeas. Especificamente, prevemos que a duração, intervalo entre cantos, taxa de repetição e número de harmônicos sejam negativamente relacionados com a infecção por helmintos. Enquanto que a frequência fundamental, a frequência dominante e a amplitude de frequências sejam positivamente associadas a infecção.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em três áreas de Depressão Sertaneja Setentrional nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará, domínio de Caatinga, Nordeste do Brasil (Apêndice I). Essa ecorregião é caracterizada por precipitações anuais variando de 500 a 800 mm (Veloso et al., 2002), e está inserida no semiárido brasileiro. O semiárido brasileiro é classificado como sendo uma região de Clima Semiárido quente (BSH), seguindo a classificação proposta por Koppen-Geiger (Alvares et al., 2013). As temperaturas médias anuais podem chegar à 30°C (Da Silva et al., 2017) e o período chuvoso se restringe a poucos meses, marcado por chuvas imprevisíveis, podendo a estação seca durar entre 7 a 10 meses (Da Silva et al., 2017).

No estado do Rio Grande do Norte, nossas coletas ocorreram nos municípios de Mossoró (5°11'17''S, 37°20' 39''W) e Apodi (5°38'58''S, 37°47'45''W). Em Mossoró, os machos de *P. albifrons* foram coletados em três lagoas temporárias situadas no Campus leste da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA. No município de Apodi, foram amostradas quatro lagoas temporárias na localidade do Sítio Ponta. Já no estado do Ceará, as coletas ocorreram em uma poça temporária no município de Limoeiro do Norte (5°8'56''S, 38°5'52'' W). Todas as lagoas amostradas apresentavam características similares, tais como vegetação arbóreo-arbustiva nas margens e proximidade a edificações antrópicas.

2.2 Modelo de estudo

O gênero *Physalaemus* compreende um grupo de 49 espécies, amplamente distribuídas pela região Neotropical, desde o México à países da América do Sul, como Brasil, Argentina e Paraguai (Frost, 2021). *Physalaemus albifrons* (Spix 1824) é uma espécie localmente abundante, com distribuição geográfica se estendendo do norte do Maranhão até o sul de Minas Gerais (Frost, 2021). Os representantes desta espécie possuem corpo de tamanho

pequeno (Pederassi et al., 2015) e pouco alongado (Spix, 1824). No semiárido, os indivíduos desta espécie estiveram durante o período seco, desenterrando-se apenas para reprodução no período chuvoso (Arzabe et al., 2005).

O único tipo de canto conhecido para a espécie é o canto de anúncio, que foi inicialmente descrito por Bokermann (1966), redescrito por Pederassi et al. (2015) e revisado recentemente por Hepp & Pombal Jr. (2020). O canto de anúncio descrito para *P. albifrons* possui uma única nota harmônica curta, com duração variando de 0,26 a 0,30 segundos, apresentando frequência fundamental média de 480 Hz e frequência dominante variando entre 2440 a 2670 Hz (Hepp & Pombal Jr., 2020). A composição da helmintofauna e o padrão de infecção para espécie é conhecida para uma localidade no estado do Ceará (De Oliveira et al., 2019), porém os possíveis efeitos que os helmintos parasitos causam em *P. albifrons* não foram avaliados até o momento.

2.3 Coleta de dados

Coletamos ao todo 111 indivíduos de *P. albifrons* por meio de busca ativa e auditiva noturna em sítios reprodutivos durante os meses de janeiro a março, no período chuvoso de 2020. Após localizar cada macho alvo, os observadores se posicionavam a 2 metros de distância e aguardavam até que houvesse uma habituação do indivíduo, que variou de 1 e 4 minutos. O indivíduo foi considerado habituado quando não suspendeu a emissão de cantos ou continuou a atividade de vocalização após a aproximação dos observadores. As gravações foram realizadas a um metro do indivíduo-alvo (distância do microfone ao indivíduo emissor) e após cada gravação, o indivíduo-alvo foi coletado manualmente.

As gravações dos cantos de anúncio foram feitas utilizando um gravador profissional Marantz PMD660 acoplado a um microfone unidirecional Sennheiser ME66, com taxa de amostragem de frequência de 44,1 kHz e resolução de 16 bit. Gravamos cada macho por dois minutos contínuos. A temperatura e a umidade relativa do ar foram medidas após cada gravação. Os anuros foram coletados mediante a licença de coleta ICMBio 57169-1, e transportados em sacos plásticos individuais para posterior mensuração de medidas morfológicas e análises parasitológicas. As gravações registradas foram tombadas (Apêndice II) na Coleção Audiovisual do Semiárido – CASA da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA.

2.4 Análises morfológicas e parasitológicas

Mensuramos os indivíduos coletados quanto ao comprimento rostro-cloacal (CRC) com um paquímetro digital (resolução 0,01 mm) e quanto a massa corporal em uma balança de precisão (resolução 0,1 g). Posteriormente, os espécimes foram eutanasiados por aplicação de anestésico local (lidocaína 5%), seguindo os preceitos éticos de eutanásia para anfíbios conforme previsto na Resolução do Conselho Federal de Biologia – CFBio nº.301/2012. Em seguida, inspecionamos seus órgãos internos (estômago, intestino delgado, intestino grosso, pulmões, fígado e rins) à procura de parasitos. Sessenta e um (55%) tiveram seus órgãos triados a fresco, já os órgãos dos demais espécimes foram fixados em álcool 70% a 60°C, e conservados no álcool 70% para posterior triagem, contagem e identificação dos parasitos em cada órgão. Após a necropsia, os indivíduos de *P. albifrons* foram fixados em formalina 10%, posteriormente conservados em álcool 70% e depositados na Coleção Herpetológica do Semiárido – CHSA da UFRSA (Apêndice II). Os parasitos foram clarificados em fenol, submetidos a compressão entre lâmina e lamínula, e fotografados utilizando microscópio óptico, aumento de 4x à 100x. Identificamos os espécimes de parasitos no menor nível taxonômico possível (utilizando Jewell, 1916; Vicente et al., 1991). Um parasito não pôde ser identificado porque estava parcialmente degradado e alguns caracteres diagnósticos não puderam ser evidenciados, mas foi incluído nas análises.

Calculamos a taxa de prevalência e intensidade geral de infecção para população ($n = 111$ hospedeiros) seguindo Bush et al. (1997). A taxa de prevalência ($TP = NI/NT$) foi calculada a partir do número de hospedeiros infectados (NI), dividido pelo número total de anuros hospedeiros (NT). Já a intensidade de infecção geral ($II = \Sigma NPH/NI$) foi calculada pela divisão entre o número de parasitos por hospedeiro e o número de hospedeiros infectados (NI). Apenas 22% da população estava parasitada, com uma intensidade média de infecção de $2,66 \pm 2,10$ helmintos/hospedeiro. Utilizamos o número total de helmintos por indivíduo como variável preditora de intensidade de infecção no nosso estudo. Contudo, como apenas 24 anuros (22% dos indivíduos coletados) estavam parasitados, selecionamos aleatoriamente 24 indivíduos entre os não parasitados ($n = 87$) para compor as amostras utilizadas nas nossas análises. Este artifício teve por objetivo evitar um viés de uma grande quantidade de indivíduos com nenhum parasita nos nossos testes de hipóteses.

2.5 Análises acústicas

A descrição bioacústica de cada indivíduo foi realizada com base em 30 cantos, tendo sido selecionados os 10 primeiros cantos registrados, os 10 cantos centrais na gravação e os 10 últimos cantos emitidos. A partir dessa seleção pudemos obter sub-amostras de cada

gravação, assim contemplando a variação individual dos espécimes ao longo do tempo. Cada canto foi avaliado quanto aos seguintes parâmetros acústicos temporais e espectrais: duração do canto (s), intervalos entre cantos (s), taxa de repetição (cantos.min⁻¹), frequência fundamental (Hz), frequência dominante (Hz), amplitude de frequências (Hz) e número de harmônicos. Para estimar a taxa de repetição, cada indivíduo teve número total de cantos divididos pela duração de gravação. Utilizamos oscilogramas para medir a duração e os intervalos entre cantos e espectrogramas para medir as frequências fundamentais, dominantes, a amplitude de frequências e o número de harmônicos (Apêndice III). Analisamos os cantos utilizando o programa RavenPro 1.6 (Center for Conservation Bioacoustics, 2019) seguindo as seguintes configurações: window type = Hann, window size = 512 samples, 3 dB filter bandwidth = 124 Hz, overlap = 80%.

2.6 Análises estatísticas

Utilizamos o número total de helmintos como variável preditora, e adicionalmente incluímos covariáveis morfológicas e abióticas as análises, pois algumas propriedades do canto podem ser afetadas pelo tamanho corpóreo (e.g. An & Waldman, 2016) e/ou serem sensíveis às variações ambientais (Lignau & Bastos, 2007).

Antes das análises, testamos a normalidade das variáveis bioacústicas (duração do canto, intervalo entre cantos, frequência fundamental, frequência dominante, amplitude de frequências, e número de harmônicos) e, como os dados não foram normalmente distribuídos, utilizamos as medianas de cada parâmetro acústico como medida de tendência central para cada indivíduo nas análises subsequentes. Desta forma, as estatísticas descritivas foram fornecidas como: mediana (primeiro - terceiro quartis). Um indivíduo que apresentou um valor muito discrepante de número de parasitos foi removido das análises, pois aumentaria o risco de incorrermos em erro do tipo I.

Primeiramente, realizamos uma Análise de Componentes Principais (PCA) para as variáveis-resposta. Para esta PCA, consideramos todos os indivíduos parasitados (n = 23) além dos 24 indivíduos não parasitados selecionados, totalizando 47 indivíduos. Extraímos o PC1 desta PCA e realizamos uma seleção de modelos lineares generalizados (GLM), considerando como variáveis preditoras: uma variável categórica relativa à ocorrência de parasitos (presença/ausência), CRC, massa, temperatura e umidade, bem como as interações entre a variável ocorrência de parasitos e o CRC e entre a ocorrência de parasitos e a massa.

Posteriormente, realizamos uma PCA entre as covariáveis morfológicas e abióticas (CRC, massa, temperatura e umidade) e selecionamos as duas variáveis mais influentes do

PC1. Então, procedemos com a seleção de modelos lineares generalizados (GLMs), tendo como variáveis-resposta cada um dos parâmetros acústicos, e como variáveis preditoras o número total de parasitos por indivíduo, o comprimento rostro-cloacal e a umidade relativa do ar (principais variáveis do PC1). Nestas análises, como consideramos apenas indivíduos parasitados, o tamanho amostral foi de 23 indivíduos.

Para as seleções de modelos, avaliamos a distribuição de erros de cada variável resposta antes das reduções e todos os modelos se ajustaram adequadamente à distribuição Gaussiana. Selecionando os modelos mais parcimoniosos (menor modelo possível) através da sucessiva remoção das variáveis não significativas dos modelos mais gerais, com critério de prioridade dos maiores p-valores. Para todos os testes, atribuímos o nível de significância $\alpha = 0,05$ e conduzimos análises estatísticas e a elaboração gráfica na plataforma R (R Core Team 2020), utilizando os pacotes: Beeswarm (Eklund, 2016), Car (Fox & Weisberg, 2019), Ggfortify (Tang et al., 2016) e Ggplot2 (Wickham, 2016).

3 RESULTADOS

Entre os 47 machos adultos de *P. albifrons* avaliados (CRC = 27,56 mm (26,85 – 30,85); massa = 1,9 g (1,7 – 2,0 g), 23 estavam parasitados (49%), reunindo um total de 44 helmintos. A intensidade média de infecção entre esses indivíduos foi de $1,91 \pm 1,35$ parasitos/hospedeiro, variando de 1 a 5 helmintos por hospedeiro. Os helmintos estiveram localizados predominantemente (86%) no sistema digestório, sendo o intestino delgado o órgão com maior registro de parasitos (74%, n = 18 helmintos), seguido pelo intestino grosso (13%, n = 5 helmintos) e estômago (13%, n = 5 helmintos). Seis parasitos (14%) foram encontrados nos pulmões e nenhum helminto foi encontrado nos rins ou no fígado (Tabela 1, Apêndice IV)

Tabela 1: Parasitos encontrados infectando machos de *Physalaemus albifrons* na de Caatinga. Onde: NH= Número de hospedeiros; NP = Número de parasitos; E = Estômago; ID = Intestino digestório; IG = Intestino grosso; IMI = Intensidade média de infecção; P (%) = Prevalência; Min - Max = valores mínimos e máximos de espécimes do helminto por hospedeiro.

Parasitos	NH	NP	Sítio de infecção	IMI	P (%)	Min-Max
Nematoda						
Cosmocercidae	1	1	IG	1	4,35	1
Cosmocercidae (larva)	1	1	IG	1	4,35	1
Nematoda sp.1	2	2	ID, IG	1	8,70	1
Nematoda sp.2	1	1	E	1	4,35	1
<i>Oswaldocruzia</i> sp.	14	22	E, ID	1,57	60,87	1 - 4
<i>Physaloptera</i> sp. (larva)	1	1	E	1	4,35	1
<i>Rhabdias</i> sp.1	3	3	P	1	13,04	1
<i>Rhabdias</i> sp. 2	1	3	P	3	4,35	3
Cestoda						
Cestoda sp.1	1	2	ID, IG	2	4,35	2
Cestoda sp.2	2	2	ID	1	8,70	1
<i>Cylindrotenia</i> sp.	2	5	ID	2,5	8,70	1 - 4

O canto de anúncio de *P. albifrons* (n = 47) foi composto por uma única nota harmônica, com modulação de frequência descendente (Apêndice III, Tabela 2). A taxa de repetição de cantos foi de 43,5 cantos.min⁻¹ (34 - 51,75 cantos.min⁻¹). As medidas de tendência central e variabilidade dos parâmetros acústicos por indivíduos são apresentadas na tabela 2.

Tabela 2: Métricas dos parâmetros acústicos presentes no canto de anúncio de *P. albifrons* provenientes de áreas da Depressão Sertaneja Setentrional, domínio Caatinga, Nordeste do Brasil. Valores obtidos a partir de uma seleção de sub-amostras de 30 cantos por indivíduo. Min - Max = valores mínimos e máximos observados para cada parâmetro acústico.

Parâmetros do canto	Mediana	1º - 3º quartil	Min – Max
Duração do canto (s)	0,29	0,27 - 0,34	0,24 - 0,41
Intervalo entre cantos (s)	0,69	0,58 - 0,81	0,26 – 1,29
Taxa de repetição (cantos.min ⁻¹)	43,5	34 - 51,75	4,5 – 79,50
Frequência fundamental (Hz)	199,39	177,18 - 217,60	166,57 – 261,82
Frequência dominante (Hz)	2928,52	2756,25 - 3014,65	2411,72 – 3445,31
Amplitude de frequências (Hz)	1550,39	1378,13 - 1981,06	947,46 – 2282,52
Número de harmônicos	19	17,5 - 22	15 – 26

O primeiro eixo (PC1) da Análise de Componentes Principais (PCA) contendo as sete variáveis-resposta explicou 43% da variabilidade dos parâmetros acústicos, representado principalmente pela duração do canto e pela amplitude de frequências (Figura 1A). A

modelagem do PC1 em função das variáveis preditoras (Apêndice V) revelou que apenas o comprimento rostro-cloacal e a temperatura do ar influenciaram significativamente este componente (modelo mais parcimonioso - $PC1 \sim \text{tamanho do corpo} + \text{temperatura do ar}$). O comprimento rostro-cloacal influenciou o PC1 de forma positiva ($t = 2,02$; $p = 0,05$; Figura 2A), enquanto que a temperatura influenciou negativamente os parâmetros acústicos representados pelo PC1 ($t = -3,49$; $p < 0,01$; Figura 2B). Para as variáveis preditoras, o primeiro eixo (PC1) da PCA explicou 47% da variabilidade das covariáveis morfológicas e abióticas, sendo influenciado principalmente pelo CRC e umidade relativa do ar (Figura 1B).

As seleções de modelos de cada uma das variáveis resposta revelaram que a intensidade de infecção não influenciou nenhum dos parâmetros acústicos (Apêndice VI). A duração do canto, a taxa de repetição e o número de harmônicos não foram influenciados por nenhuma das variáveis preditoras consideradas (Apêndice VI). Entretanto, o comprimento rostro-cloacal influenciou negativamente o intervalo entre cantos (intervalo entre cantos $\sim$ tamanho do corpo; $p = 0,03$; $t = -2,27$; pseudo $r = 0,20$; Figura 3A), a frequência dominante (frequência dominante $\sim$ tamanho do corpo; $p = 0,02$; $t = -2,57$; pseudo $r = 0,24$; Figura 3B) e a amplitude de frequências (amplitude de frequências $\sim$ tamanho do corpo; $p = 0,02$; $t = -2,64$; pseudo $r = 0,25$; Figura 3C). Além disso, a umidade relativa do ar influenciou negativamente a frequência fundamental (frequência fundamental $\sim$ umidade; $p = 0,02$; $t = -2,46$; pseudo $r = 0,22$; Figura 3D).

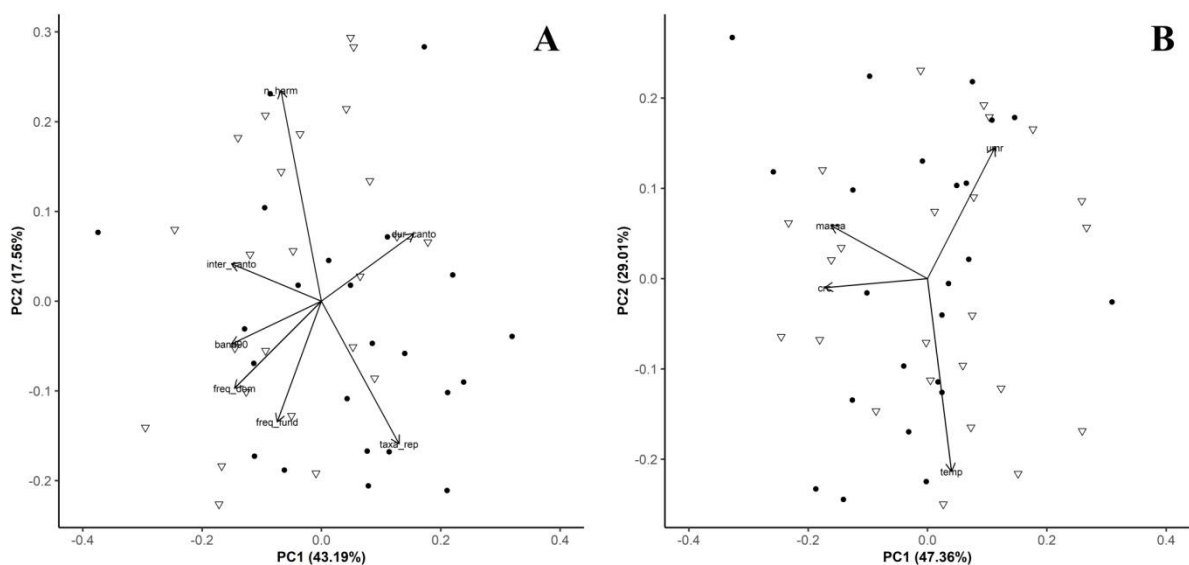


Figura 1: Biplot das Análises de Componentes Principais dos parâmetros acústicos do canto de anúncio (A), e das covariáveis morfológicas e abióticas (B) associadas a machos de *Physalaemus albifrons* provenientes de áreas da Depressão Sertaneja Setentrional, domínio Caatinga, Nordeste do Brasil. Os círculos representam os indivíduos parasitados e os triângulos invertidos os espécimes não parasitados.

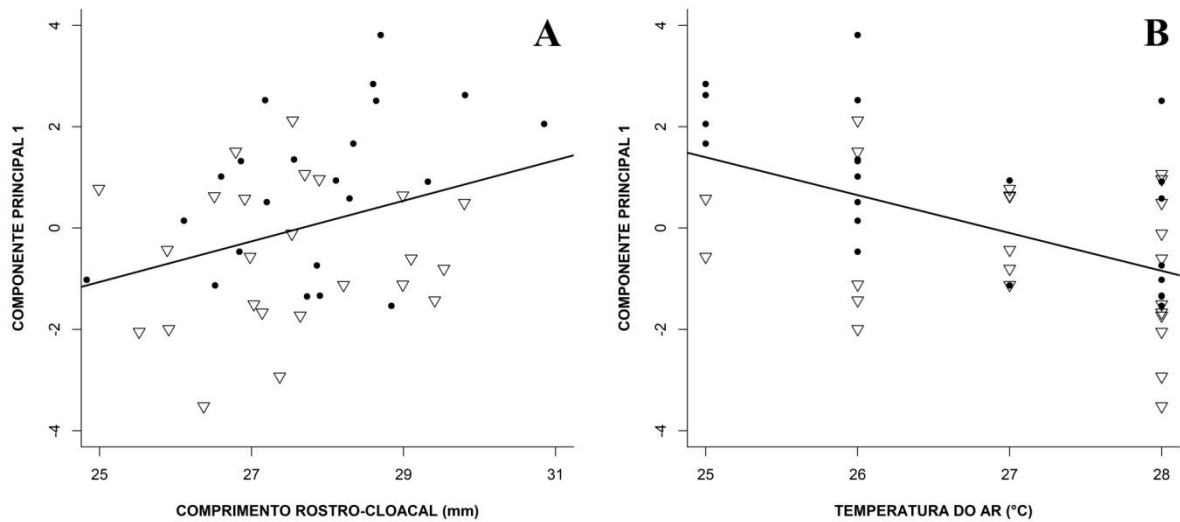


Figura 2: Relações entre o Componente Principal 1 dos parâmetros acústicos do canto de anúncio e uma covariável morfológica (A) e abiótica (B) associadas a machos de *Physalaemus albifrons* provenientes de áreas da Depressão Sertaneja Setentrional, domínio Caatinga, Nordeste do Brasil. Os círculos representam os indivíduos parasitados e os triângulos invertidos os espécimes não parasitados.

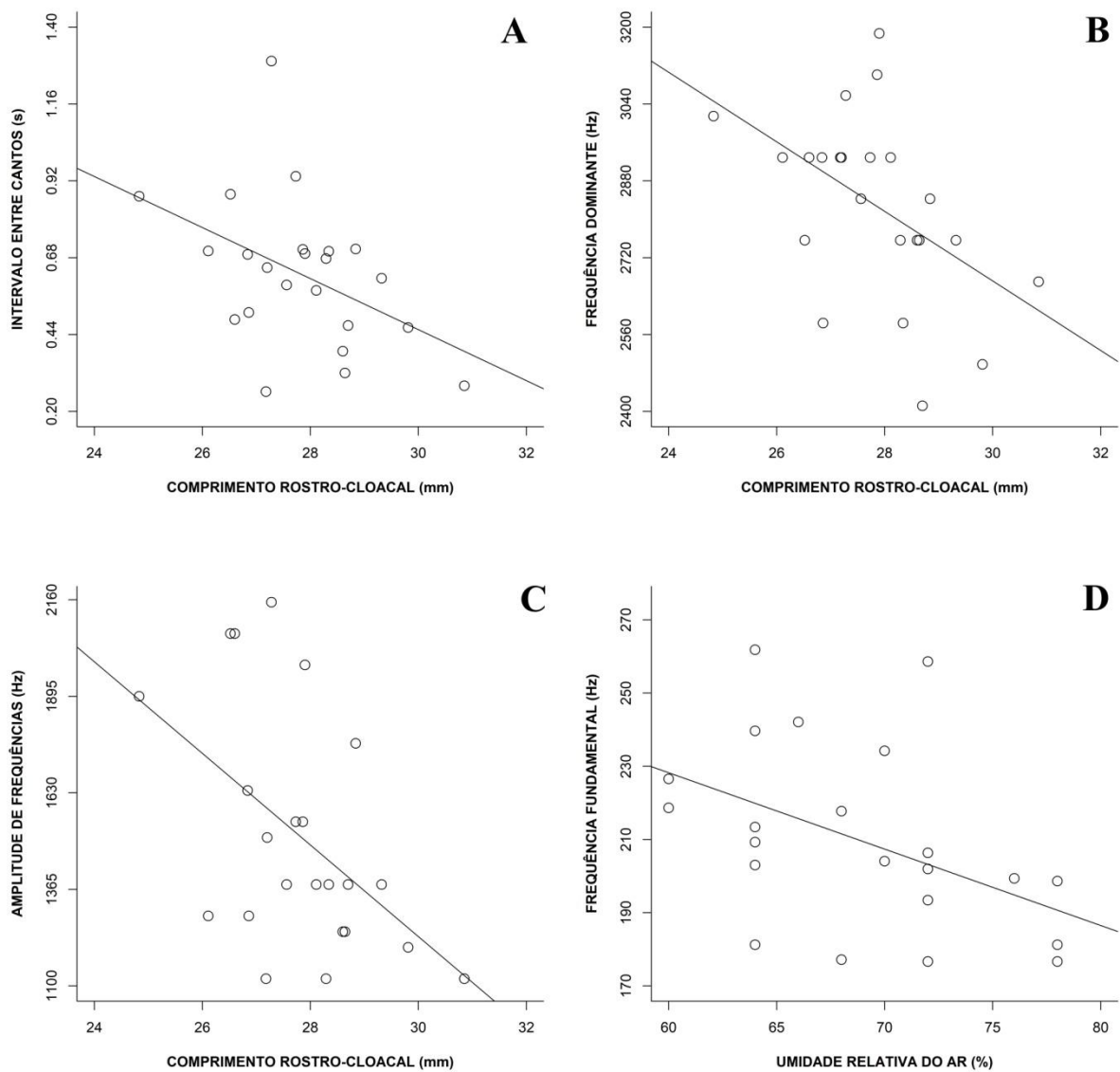


Figura 3: Relações negativas entre parâmetros acústicos do canto (intervalo entre cantos (A), frequência dominante (B), amplitude de frequências (C) e frequência fundamental (D) e covariáveis morfológicas e ambientais (comprimento rostro-cloacal e umidade relativa do ar), em *Physalaemus albifrons* provenientes de áreas da Depressão Sertaneja Setentrional, domínio Caatinga, Nordeste do Brasil.

4 DISCUSSÃO

A presença de parasitos não influenciou o desempenho vocal em *Physalaemus albifrons*, em termos do componente principal do espaço acústico multidimensional. Somente as covariáveis influenciaram as propriedades do canto de anúncio dos machos de *P. albifrons*. Apesar da ocorrência de parasitos poder alterar a morfologia e respostas imunológicas dos hospedeiros, como já observado em aves (e.g. Dunn et al., 2013) ou mesmo intensificar

respostas comportamentais antiparasitárias em girinos (Szuroczki & Richardson, 2012), a mera presença de parasitas pode não necessariamente afetar o desempenho vocal de anuros (e.g. Greenspan et al., 2016). Assim como em nosso estudo, o canto de anúncio em *Ranoidea rheocola* não apresentou alterações na qualidade da vocalização em função do status de infecção (Greenspan et al., 2016). Portanto, em uma análise mais geral, em termos de caracterização bioacústica e status de infecção, nossos resultados revelam que o parasitismo pode não afetar o desempenho acústico de anuros machos, sugerindo que indivíduos parasitados possam apresentar um canto potencialmente tão atrativo para as fêmeas quanto os não infectados.

Mesmo quando consideramos a intensidade de infecção como variável preditora principal, a carga parasitária não influenciou os parâmetros acústicos dos machos de *P. albifrons*. O canto de anúncio é frequentemente demonstrado como um sinal confiável sobre a qualidade dos machos em muitas espécies (e.g. Táran, 2015; Táran & Herrera, 2003; Welch et al., 1998). Desta forma, é esperado que machos parasitados tenham uma redução na sua qualidade vocal, podendo comprometer seu sucesso reprodutivo (e.g. Kleindorfer et al., 2019; Madelaire et al., 2013), principalmente em termos dos parâmetros acústicos temporais, que são os mais dinâmicos (e.g. Cade, 1984; Madelaire et al., 2013). No entanto, para o nosso estudo, não houve evidências de que os machos parasitados sofreram algum prejuízo na qualidade do som emitido. Se por um lado, a intensidade de infecção observada na população estudada pode não ter sido alta suficiente para causar alterações no comportamento acústico dos machos de *P. albifrons*. Alternativamente, algumas evidências contraditórias indicam que machos parasitados podem investir relativamente mais energia para reprodução. É o caso dos machos de *Engystomops* (previamente *Physalaemus*) *pustulosus*, que mesmo quando parasitados por um maior número moscas hematófagas do gênero *Corethrella*, emitem cantos mais atrativos para as fêmeas (Bernal et al., 2006; Táran, 2015).

Apesar de ser usualmente esperado que os parasitos causem prejuízos aos hospedeiros (baseado em Binning et al., 2017; Galdino et al., 2014; Moretti et al., 2017), os eventuais custos impostos por estas interações podem variar muito de acordo com as particularidades do sistema estudado (Poulin, 2007). Anfíbios com hábitos estivadores, como é o caso de *P. albifrons* (Arzabe et al., 2005), podem abrigar uma baixa diversidade de helmintos parasitos e serem infectados em baixa intensidade (e.g. Oliveira et al., 2019), provavelmente pelo curto tempo que ficam expostos em atividade (e.g. Madelaire et al., 2020). No nosso caso, os machos de *P. albifrons* apresentaram de 1 a 5 helmintos/hospedeiro, uma carga parasitária que pode ser insuficiente para causar alterações substanciais nas emissões sonoras. Outra

possibilidade é que, em espécies de reprodução explosiva e em regiões onde a pluviosidade é marcadamente sazonal (Jared et al., 2020), como é o caso das populações de *P. albifrons* que habitam o semiárido brasileiro, os machos possam investir na reprodução independente das contingências fisiológicas derivadas das condições parasitárias (PBC Soares, dados não publicados). Além disso, já foi sugerido que os anuros na Caatinga possuem uma resposta imunológica relativamente mais elevada durante o período reprodutivo, possivelmente associada à marcada brevidade do período apto à reprodução (Madelaire et al., 2017). Juntas ou separadamente, estas peculiaridades aplicáveis ao nosso modelo de estudo também podem contribuir para explicar as divergências ao padrão teórico esperado.

Embora a carga parasitária não tenha influenciado o comportamento vocal de *P. albifrons*, covariáveis morfológicas e abióticas foram negativamente relacionadas a parâmetros do canto. O intervalo entre cantos, por exemplo, foi negativamente relacionado ao tamanho corporal dos machos. Uma vez que o esforço para emitir o canto é considerado energeticamente custoso (Ryan, 1998), vocalizar com curtos intervalos demonstra boa aptidão e pode gerar vantagens a estes machos na escolha de fêmeas pelo potencial parceiro para reprodução (e.g. Castellano et al., 2002; Castellano & Giacoma, 1998; Tárano & Herrera, 2003). A frequência dominante e a amplitude de frequências também foram negativamente relacionadas ao tamanho corpóreo em *P. albifrons*. Este padrão de machos maiores emitirem vocalizações em frequências mais baixas é frequentemente demonstrado para anfíbios anuros (Foreste & Czarnowsky, 1985; Giacoma et al., 1997; Marquez & Bosch, 2001). A frequência dominante é considerada essencial para a seleção epigâmica em anfíbios (Narins et al., 2006). Nesse contexto, considerando que as frequências dominantes mais baixas são associadas a machos maiores, e que machos maiores são potencialmente mais vantajosos para se reproduzir (Wilbur et al., 1978), estes podem ser direta ou indiretamente favorecidos durante a escolha pelas fêmeas (e.g. Tárano & Herrera, 2003). Quanto a amplitude de frequências, esta apresenta um comportamento similar a frequência dominante (Köhler et al., 2017), podendo também ser utilizada para comunicação intraespecífica. Cantos emitidos em menores amplitudes de frequências podem ser utilizados em contextos de comunicação espécie específico, favorecendo a comunicação em contextos reprodutivos (Rohtla et al., 2019).

Por último, a frequência fundamental foi negativamente relacionada com a umidade relativa do ar. Condições ambientais, como umidade elevada, podem causar um efeito de atenuação atmosférica nas frequências sonoras, prejudicando sua detecção por coespecíficos (Wells, 2007). Logo, sons de baixa frequência emitidos em situações propensas a maiores atenuações, como em condições mais úmidas, são mais vantajosos por se propagar com

menor degradação do sinal (Mutumi et al., 2016; Prestwich et al., 1989). Relações entre estas covaráveis e características acústicas já foram relatadas previamente para outros táxons (e.g. Marquez & Bosch, 2001; Mutumi et al., 2016), sendo também evidências em *P. albifrons* nas condições estudadas.

Alguns parâmetros do canto de anúncio descrito previamente para *P. albifrons* (Hepp & Pombal, 2020; Pederassi et al., 2015) destoaram da caracterização realizada no presente estudo. Registramos frequências fundamentais mais baixas e frequências dominantes mais altas do que o previamente descrito para o canto de anúncio de *P. albifrons* (Hepp & Pombal, 2020; Pederassi et al., 2015). As diferenças nos parâmetros acústicos em anuros podem ocorrer devido a variações regionais entre populações (e.g. como para *Crossodactylus trachystomus*, Pimenta et al., 2008). Por outro lado, é também possível que *P. albifrons* constitua um complexo de espécies crípticas e que tais diferenças no canto de anúncio reflitam uma possível existência de mais de uma espécie ao longo da distribuição geográfica assumida para *P. albifrons*, como recentemente evidenciado para as espécies de *Pithecopus* da Caatinga (Andrade et al., 2020). Contudo, a baixa representatividade amostral nos demais trabalhos que descreveram o canto de anúncio de *P. albifrons* não nos permite tirar uma conclusão definitiva sobre este assunto.

Já em relação aos padrões gerais de prevalência e infecção para a amostra avaliada (n= 111 anuros), nossos resultados foram semelhantes ao descrito para uma população de *P. albifrons* do estado do Ceará (TP = 20%; II = 2,15, Oliveira et al., 2019). Espécies de *Oswaldocruzia* sp., *Physaloptera* sp. e *Rhabdias* sp. já eram conhecidas por parasitar *P. albifrons* na Caatinga sugerindo que populações de *P. albifrons* em áreas de Caatinga, além de apresentar similaridades quanto à composição taxonômica de helmintos, possuem baixa prevalência e intensidade de infecção (e.g. Oliveira et al., 2019). Este perfil de parâmetros parasitológicos pode ser decorrente do fato de *P. albifrons* ser estivadora e de reprodução explosiva, mantendo-se ativa por um período limitado de tempo ao longo do ano (Arzabe et al., 2005; Jared et al., 2020).

Nossos achados divergem do paradigma existente que evoca majoritariamente efeitos negativos nos hospedeiros quando em interação com parasitos (e.g. Cade, 1984; Galdino et al., 2014). Alguns trabalhos já evidenciaram ausência de efeitos deletérios em indivíduos acometidos por infecções. Por exemplo, aspectos como desempenho aeróbico em aves (Hahn et al., 2018), sucesso de acasalamento de anuros (Tinsley, 1990) e até mesmo características do canto em alguns anuros (Greenspan et al., 2016; Hausfater et al., 1990; Moretti et al., 2017) podem não ser prejudicados quando associados a parasitos. Para outro anuro na

Caatinga, *Pseudopaludicola pocoto*, a carga parasitária não influenciou o investimento reprodutivo em termos de maturidade gonadal (PBC Soares, dados não publicados), sugerindo que pelo menos alguns anuros no semiárido podem não reduzir seu sucesso reprodutivo em função das infecções parasitárias. No outro extremo, em alguns anuros, machos parasitados podem exibir até cantos mais atraentes para fêmeas (e.g. Pfenning & Tinsley, 2002) e apresentar um maior sucesso reprodutivo em comparação aos seus rivais (e.g. Hausfater et al., 1990). Parasitos hematófagos do gênero *Corethrella* localizam seus hospedeiros pelo canto de anúncio (Ambrozio-Assis et al., 2018; Bernal et al., 2006) e, assim como as fêmeas, esses parasitos são atraídos mais eficientemente por cantos mais complexos (Aihara et al., 2016; Bernal et al., 2006; Meuche et al., 2016). Portanto, conforme já evidenciado para alguns anuros, é possível que *P. albifrons* não reduza seu desempenho vocal (e.g. como para *Ranoidea rheocola*, Greenspan et al., 2016) e subsequente sucesso reprodutivo (e.g. como para *Dryophytes versicolor*, Hausfater et al., 1990) em função das associações parasíticas.

Concluimos que o canto de anúncio de *P. albifrons* na Caatinga não foi influenciado pela infecção por helmintos, sugerindo que o parasitismo não contingencia o comportamento vocal desta espécie e que, possivelmente, não reduz a atratividade dos machos parasitados pelas fêmeas.

REFERÊNCIAS

- Aihara, I., De Silva, P., & Bernal, X. E. (2016). Acoustic Preference of Frog-Biting Midges (*Corethrella* spp.) Attacking Túngara Frogs in their Natural Habitat. *Ethology*, 122, 105–113. <https://doi.org/10.1111/eth.12452>.
- Alvares, A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C, Gonçalves, J. L. M., & Sparovek, G. (2013). Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22, 711–728. doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507
- Ambrozio-Assis, A., Lopes, C. B, Amaral, A. P, Pinho, L. C, Peeters, E. T. H. M., & Neckel-Oliveira, S. (2018). Preferences for anuran calls in hematophagous corethrellids (Diptera: Corethrellidae) from Southern Brazil. *Austral Entomology*, 58, 622–628. <https://doi.org/10.1111/aen.12376>.
- An, D., & Waldman, B. (2016). Enhanced call effort in Japanese tree frogs infected by amphibian chytrid fungus. *Biology Letters*. 12, 20160018. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2016.0018>.
- Andrade, F. S., Haga, I. A., Ferreira, J. S., Recco-Pimentel, S. M., Toledo, L. F., & Bruschi, D. P. (2020). A new cryptic species of *Pithecopus* (Anura, Phyllomedusidae) in north-eastern Brazil. *European Journal of Taxonomy*, 723, 108–134. <https://doi.org/10.5852/ejt.2020.723.1147>.
- Arzabe, C., Skuk, G., Santana, G. G., Delfim, F. R., Lima, Y. C. C., & Abrantes, S. H. F. (2005). Herpetofauna da área de Curimataú, Paraíba. In Araújo, F. S, Rodal, M. J. N., & Barbosa, M. R. V. (Eds.), *Análise das variações da biodiversidade do Bioma Caatinga: suporte a estratégias regionais de conservação* (pp. 259–274). Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- Bernal, X. E., Rand, A. S., & Ryan, M. J. (2006). Acoustic preferences and localization performance of blood-sucking flies (*Corethrella coquillett*) to túngara frog calls. *Behavioral Ecology*, 17, 709–715. <https://doi.org/10.1093/beheco/arl003>.
- Binning, S. A., Shaw, A. K., & Roche, D. G. (2017). Parasites and Host Performance: Incorporating Infection into Our Understanding of Animal Movement. *Integrative and Comparative Biology*, 57, 267–280. doi: 10.1093/icb/icx024.

- Bischoff, L. L., Tschirren, B., & Richner, H. (2009). Long-term effects of early parasite exposure on song duration and singing strategy in great tits. *Behavioral Ecology*, 20, 265–270. <https://doi.org/10.1093/beheco/arp012>.
- Bokermann, W. C. A. (1966). Notas sobre três espécies de *Physalaemus* de Maracas, Bahia (Amphibia, Leptodactylidae). *Revista Brasileira de Biologia*, 26, 253–259.
- Brasileiro, A. C., Cascon, P., & Passos, D.P. (2021). How aggressive calls of a Neotropical treefrog vary among different levels of social tension? *Ethology, Ecology & Evolution*, 1–8. <https://doi.org/10.1080/03949370.2020.1858172>
- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M., & Shostak, A. W. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology*, 83, 575–583. doi: 10.2307/3284227.
- Cade, W. H. (1984). Effects of fly parasitoids on nightly calling duration in field crickets. *Canadian Journal of Zoology*, 62, 226–228. <https://doi.org/10.1139/z84-037>.
- Castellano, S., & Giacoma, C. (1998). Stabilizing and directional female choice for male calls in the European green toad. *Animal behavior*, 56, 275–287. <https://doi.org/10.1006/anbe.1998.0784>.
- Castellano, S., Cuatto, B., Rinella, R., Rosso, A., & Giacoma, C. (2002). The advertisement call of the european treefrogs (*Hyla arborea*): a multilevel study of variation. *Ethology*, 108, 75–89. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0310.2002.00761.x>.
- Center for Conservation Bioacoustics. (2019). Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software (Version 1.6.1) [Computer software]. Ithaca, NY: The Cornell Lab of Ornithology. Available from <http://ravensoundsoftware.com/>.
- Da Silva, J. M. C., Leal, I. R., Tabarelli, M. (2017). *Caatinga: The largest Tropical Dry Forest Region in South America* (1^a Edn). Amsterdam: Springer International Publishing.
- De Oliveira, C. R., Ávila, R. W., Morais, D. H. (2019). Helminths Associated with Three *Physalaemus* Species (Anura: Leptodactylidae) from Caatinga Biome, Brazil. *Acta Parasitology*, 64, 205–212. <https://doi.org/10.2478/s11686-018-00022-8>.

- Dunn, J. C., Goodman, S. J., Benton, T. G., & Hamer, K. C. (2013). Avian blood parasite infection during the non-breeding season: an overlooked issue in declining populations? *BioMed Central Ecology*, 13, 30. <https://doi.org/10.1186/1472-6785-13-30>.
- Eklund, A. (2016). Beeswarm: The Bee Swarm Plot, an Alternative to Stripchart. *R package* version 0.2.3. <https://CRAN.R-project.org/package=beeswarm>.
- Finnerty, P. B., Shine, R., & Brown, G.P. (2017). The costs of parasite infection: Effects of removing lungworms on performance, growth and survival of free-ranging cane toads. *Functional Ecology*, 32:402–415. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12992>.
- Forester, D. C & Czarnowsky, R. (1985). Sexual selection in the spring peeper, *Hyla crucifer* (Amphibia, anura): role of the advertisement call. *Behaviour*, 92, 112–28.
- Fox, J., & Weisberg, S. (2019). *An {R} Companion to Applied Regression*. Third Edition. Thousand Oaks CA: Sage. URL: <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>.
- Frost, D. R. (2021). *Amphibian Species of the World: An Online Reference*. Version 6.1 (Access:28/02/2021). Electronic Database accessible at: <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA.
- Galdino, C. A., Ávila, R. W., Bezerra, C. H., Passos, D. C., Melo, G. C., & Zanchi-Silva, D. (2014). Helminths infection patterns in a lizard (*Tropidurus hispidus*) population from a semiarid neotropical area: associations between female reproductive allocation and parasite loads. *Journal of Parasitology*, 100, 864–7. doi: 10.1645/13-264.1.
- Garamszegi, L. Z., Møller, A. P., Török, J., Michl, G., Péczely, P., & Richard, M. (2004). Immune challenge mediates vocal communication in a passerine bird: an experiment. *Behavioral Ecology*. 15, 148–157. <https://doi.org/10.1093/beheco/arg108>.
- Garamszegi, L. Z. (2005). Bird song and parasites. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 59, 167–180. <https://doi.org/10.1007/s00265-005-0041-8>.
- Gerhardt, H. C. (1991). Female mate choice in treefrogs: static and dynamic acoustic criteria. *Animal behavior*, 42:615–635. [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(05\)80245-3](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(05)80245-3).
- Gerhardt, H. C, & Huber, F. (2002). Acoustic communication in insects and anurans – common problems and diverse solutions. Chicago and London: University of Chicago Press.

- Giacoma, C., Zugolaro, C., & Beani, L. (1997). The advertisement calls of the green toad (*Bufo viridis*): variability and role in mate choice. *Herpetologica*, 53, 454–464.
- Greenspan, S., Roznik, E., Schwarzkopf, L., Alford, R., & Pike, D. (2016). Robust calling performance in frogs infected by a deadly fungal pathogen. *Ecology and Evolution*, 6, 5964–5972. doi: 10.1002/ece3.2256.
- Hahn, S., Bauer, S., Dimitrov, D., Emmenegger, T., Ivanova, K., Zehtindjiev, P., & Buttemer, W. A. (2018). Low intensity blood parasite infections do not reduce the aerobic performance of migratory birds. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285, 20172307. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2307>.
- Hausfater, G., Gehardt, C. H., & Klump, G. M. (1990). Parasites and Mate Choice in Gray Treefrogs, *Hyla versicolor*. *American Zoologist*, 30, 299–311.
- Hepp, F., & Pombal, J. P. J. (2020). Review of bioacoustical traits in the genus *Physalaemus* Fitzinger, 1826 (Anura: Leptodactylidae: Leiuperinae). *Zootaxa*, 4725, 001–106. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4725.1.1>.
- Jared, C., Mailho-Fontana, P. L., Mendelson, J., & Antoniazzi, M. M. (2020). Life history of frogs of the Brazilian semi-arid (Caatinga), with emphasis in aestivation. *Acta Zoologica*, 101, 302–310. <https://doi.org/10.1111/azo.12295>.
- Jewell, M. E. (1916). *Cylindrotaenia americana* nov. spec. from the cricket frog. *The Journal of Parasitology*, 2, 181–192.
- Kelehear, C., Saltonstall, K., & Torchin, M. (2019). Negative effects of parasitic lung nematodes on the fitness of a Neotropical toad (*Rhinella horribilis*). *Parasitology*, 146, 928–936. doi: 10.1017/S0031182019000106.
- Kleindorfer, S., Custance, G., Peters, K. J., & Sulloway, F. J. (2019) Introduced parasite changes host phenotype, mating signal and hybridization risk: *Philornis downsi* effects on Darwin's finch song. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 286, 20190461. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2019.0461>
- 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. (2017). The use of bioacoustics in anuran

taxonomy: theory, terminology, methods and recommendations for best practice. *Zootaxa*, 4251, 1–124. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4251.1.1>.

Lawrence, B. D., & Simmons, J. A. (1982). Measurements of atmospheric attenuation at ultrasonic frequencies and the significance for echolocation by bats. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 71, 585–590.

Lingnau, R., Bastos, R. P. (2007). Vocalizations of the Brazilian torrent frog *Hylodes heyeri* (Anura: Hylodidae): Repertoire and influence of air temperature on advertisement call variation. *Journal of Natural History*, 41, 1227–1235. <https://doi.org/10.1080/00222930701395626>.

Madelaire, C. B., Silva, R. J., & Gomes, F.R. (2013). Calling behavior and parasite intensity in treefrogs, *Hypsiboas prasinus*. *Journal of Herpetology*, 47, 450–455. <https://doi.org/10.1670/11-315>.

Madelaire, C. B., Sokolova, I., & Gomes, F. R. (2017). Seasonal Patterns of Variation in Steroid Plasma Levels and Immune Parameters in Anurans from Brazilian Semiarid Area. *Physiological and Biochemical Zoology*, 90(4), 415–433. doi: 10.1086/691202.

Madelaire, C. B., Franceschini, L., Morais, D. H., Gomes, F. R., & Silva, R. J. (2020). Helminth Parasites of Three Anuran Species during Reproduction and Drought in the Brazilian Semiarid Caatinga Region. *Journal of Parasitology*, 106, 334–340. <https://doi.org/10.1645/16-130>.

Marquez, R., & Bosch, J. (2001). Communication and mating in the midwife toads (*Alytes obstetricans* and *Alytes cisternasii*). In: Ryan MJ (Ed). *Anuran communication*. Washington (pp.220–231). Smithsonian Institution Press.

Mcelroy, E. J., & Buron, I. (2014). Host performance as a target of manipulation by parasites: a meta-analysis. *Journal of Parasitology*, 100, 399–410. doi: 10.1645/13-488.1.

Meuche, I., Keller, A., Sah, H. H. A., Ahmad, N., & Grafe, T. U. (2016). Silent listeners: can preferences of eavesdropping midges predict their hosts' parasitism risk? *Behavioral Ecology*, 27, 995–1003. <https://doi.org/10.1093/beheco/arw002>.

Moretti, E. H., Madelaire, C.B., Silva, R. J., Mendonça, M. T., Gomes, F. R. (2014). The Relationships between Parasite Intensity, Locomotor Performance, and Body Condition in

Adult Toads (*Rhinella icterica*) from the Wild. *Journal of Herpetology*, 48, 277–283. <https://doi.org/10.1670/10-339>.

Moretti, E. H., Titon, B., Madelaire, C. B., De Arruda, R., Alvarez, T., Gomes, F. R. (2017). Behavioral, physiological and morphological correlates of parasite intensity in the wild Cururu toad (*Rhinella icterica*). *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 6, 146–154. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2017.06.003>

Mutumi, G. L., Jacobs, D. S., & Winker, H. (2016). Sensory drive mediated by climatic gradients partially explains divergence in acoustic signals in two horseshoe bat species, *Rhinolophus swinnyi* and *Rhinolophus simulator*. *Plos one*, 11(1), e0148053. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148053>

Narins, P., Feng, A., Fay, R., & Popper, A. (2006). Hearing and Sound Communication in Amphibians (1st ed.). doi:10.1007/978-0-387-47796-1.

Navas C. A., Bevier, C. R. (2001). Thermal dependency of calling performance in the eurythermic frog *Colostethus subpunctatus*. *Herpetológica*, 57, 384–395.

Pederassi, J., Lima, M. S. C. S., Caramaschi, U., Souza, P. D. S., Santos, M.C.D.O., Silva, I. C. (2015). Redescription of the advertisement call of *Physalaemus albifrons* (Spix, 1824) (Amphibia, Anura, Leptodactylidae). *Zootaxa*, 3994, 449–450. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3994.3.10>.

Pimenta, B. V. S., Wachlevski, M., Cruz, C. A. G. (2008). Morphological and acoustical variation, geographic distribution, and conservation status of the spinythumb frog *Crossodactylus bokermanni* Caramaschi and Sazima, 1985 (Anura, Hylodidae). *Journal of Herpetology*, 42, 481–492. <https://doi.org/10.1670/07-164.1>.

Pfennig, K. S., & Tinsley, R. C. (2002). Different mate preferences by parasitized and unparasitized females potentially reduces sexual selection. *Journal of Evolutionary Biology*, 15, 399–406. <https://doi.org/10.1046/j.1420-9101.2002.00406.x>.

Poulin, R. (2007). Evolutionary Ecology of Parasites, (2^a ed.). Princeton, Oxford: Princeton University Press.

- Prestwich, K. N., Brugger, K. E. & Topping, M. (1989). Energy and communication in three species of hyliid frogs: power output and efficiency. *Journal of Experimental Biology*, 144, 53–80.
- Pröhl, H., Eulenburg, J., Meuche, I., & Bolaños, F. (2013). Parasite infection has little effect on sexual signals and reproductive behaviour in strawberry poison frogs. *Evolutionary Ecology*, 27, 675–692. doi:10.1007/s10682-013-9634-2.
- R Core Team. (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Richardson, C., Joly, P., Léna, J. P., Plénet, S., & Lengagne, T. (2010). The challenge of finding a high-quality male: A treefrog solution based on female assessment of male calls. *Behaviour*, 147, 1737–1752. 10.1163/000579510X530221.
- Rohtla, A. E., Russell, A. P., & Bauer, A. M. (2019). Sounding off: relationships between call properties, body size, phylogeny, and laryngotracheal form of geckos. *Herpetologica* 75, 175–197. <https://doi.org/10.1655/D-19-00021>
- Roznik, E. A., Sapsford, S.J., Pike, D.A., Schwarzkopf, L., & Alford, R. A. (2015). Condition-dependent reproductive effort in frogs infected by a widespread pathogen. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1810), 20150694. <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.0694>.
- Ryan, M. J. (1988). Energy, calling, and selection. *American Zoologist*, 28, 885–898.
- Spix, J. B. V. (1824). *Animalia nova sive species novae testudinum et ranarum: quas in itinere per Brasiliam annis 1817–1820 jussu et auspiciis Maximiliani Josephi I. Bavariae regis / suscepto, collegit et descripsit Dr. J. B. de Spix*.
- Steckler, S. E., & Conway, C. J. (2012). Frequent Vocalizing is Negatively Associated with Brood Parasitism in a Host of the Brown-Headed Cowbird. *The Condor*, 114, 219–226. <https://doi.org/10.1525/cond.2012.110006>.
- Szuroczki, D., & Richardson, J. M. L. (2012) The behavioral response of larval amphibians (ranidae) to threats from predators and parasites. *Plos One*, 7(11), e49592. doi:10.1371/journal.pone.0049592.

- Tang, Y., Horikoshi, M., & Li, W. (2016). "ggfortify: Unified Interface to Visualize Statistical Result of Popular R Packages." *The R Journal* 8.2, 478–489.
- Tárano, Z., & Herrera, E. A. (2003). Female preferences for call traits and male mating success in the neotropical frog *Physalaemus enesefae*. *Ethology*, 109, 121–134. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0310.2003.00848.x>.
- Tárano, Z. (2015). Choosing a mate in a cocktail party-like situation: the effect of call complexity and call timing between two rival males on female mating preferences in the túngara frog *Physalaemus pustulosus*. *Ethology*, 121, 749–759. <https://doi.org/10.1111/eth.12387>.
- Taylor, R. C., Buchanan, B. W., & Doherty, J. L. (2007). Sexual selection in the squirrel treefrog *Hyla squirella*: the role of multimodal cue assessment in female choice. *Animal Behaviour*, 74, 1753–1763. doi:10.1016/j.anbehav.2007.03.010.
- Tinsley, R. C. (1990). The Influence of Parasite Infection on Mating Success in Spadefoot Toads, *Scaphiopus couchii*. *American Zoologist*, 30, 313–324.
- Toledo, L. F., Martins, I. A., Bruschi, D. P., Passos, M. A., Alexandre, C., & Haddad, C. F. B. (2015). The anuran calling repertoire in the light of social context. *Acta Ethology*, 18, 87–99. <https://doi.org/10.1007/s10211-014-0194-4>.
- Turin, A. F. R., Nali, R.C., & Prado, C. P. A. (2018). Intraspecific call variation in a Neotropical gladiator frog with a complex advertisement call. *Amphibia-Reptilia*, 39, 31–39. <https://doi.org/10.1163/15685381-00003147>.
- Velloso, A. L., Sampaio, E. V. S. B., & Pareyn, F. G. C. (2002). Ecorregiões propostas para o Bioma Caatinga. *Associação Plantas do Nordeste – Instituto de Conservação Ambiental – The Nature Conservancy do Brasil*, Recife.
- Vicente, J. J., Rodrigues, H. O., Gomes, D. C., & Pinto, R. M. (1991) Nematóides do Brasil 2ª parte: nematóides de anfíbios. *Revista Brasileira de Zoologia*, 7, 549–626.
- Welch, A. M., Semlitsch, R. D., & Gerhardt, H. C. (1998). Call duration as an indicator of genetic quality in male gray tree frogs. *Science*, 280, 1928–1930. [10.1126/science.280.5371.1928](https://doi.org/10.1126/science.280.5371.1928).

Wells, K. D. (1977a). The social behaviour of anuran amphibians. *Animal Behavior*, 25, 666–93. [https://doi.org/10.1016/0003-3472\(77\)90118-X](https://doi.org/10.1016/0003-3472(77)90118-X).

Wells, K. D. (1977b). The courtship of frogs. In Taylor D & Guttman (Eds.), *The Reproductive biology of amphibians* (pp.233–262). New York: Plenum. doi:10.1007/978-1-4757-6781-0_7

Wells, K. D. (2007). *The Ecology & Behavior of Amphibians* (1^a ed.). The University of Chicago Press. Chicago and London.

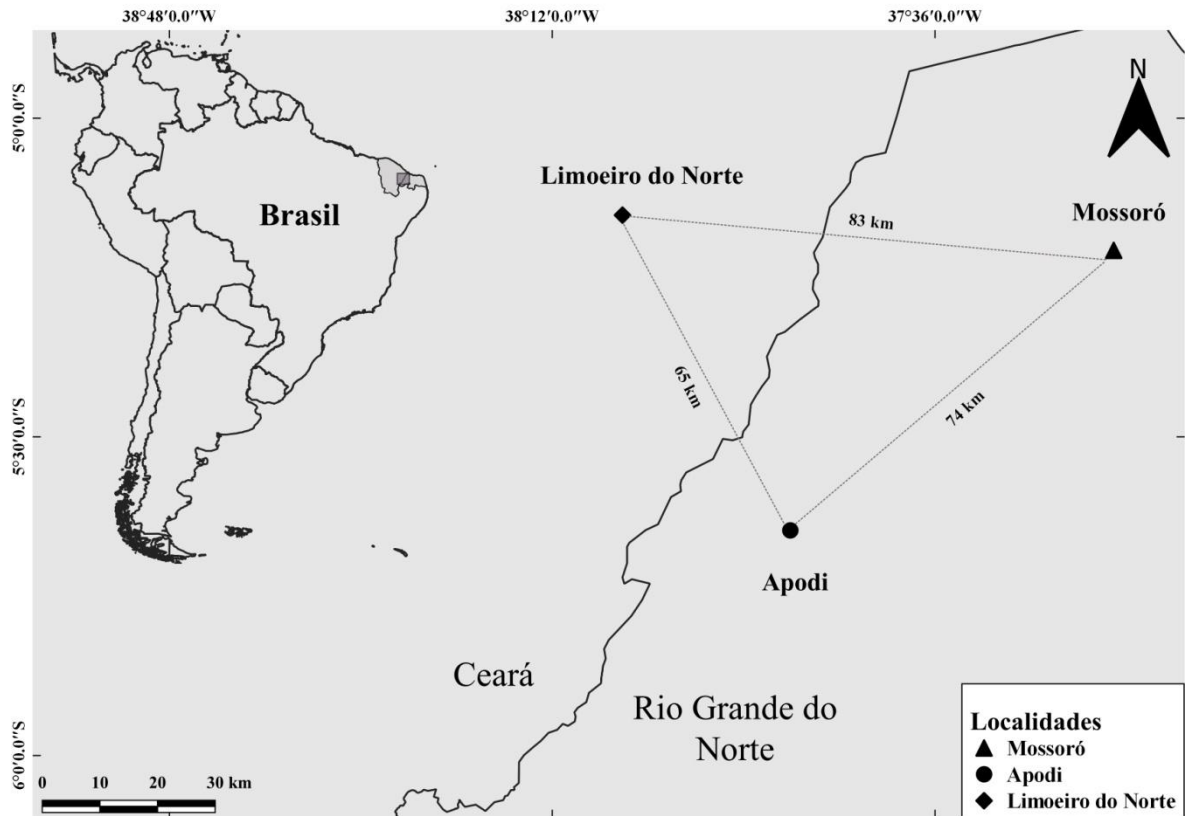
Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York.

Wilbur, H. M., Rubenstein, D. I., & Fairchild, L. (1978). Sexual selection in toads: the roles of female choice and male body size. *Evolution*, 32, 264–270.

Zelick, R., Mann, D. A., & Popper, A. N. (1999). Acoustic Communication in Fishes and Frogs. In Fay, R. R (Ed), *Comparative Hearing: Fish and Amphibian* (pp. 363–411). Springer Handbook of Auditory Research. doi:10.1007/978-1-4612-0533-3_9

Apêndice I

Localização geográfica dos municípios onde foram amostrados os indivíduos machos de *Physalaemus albifrons* em atividade de vocalização.



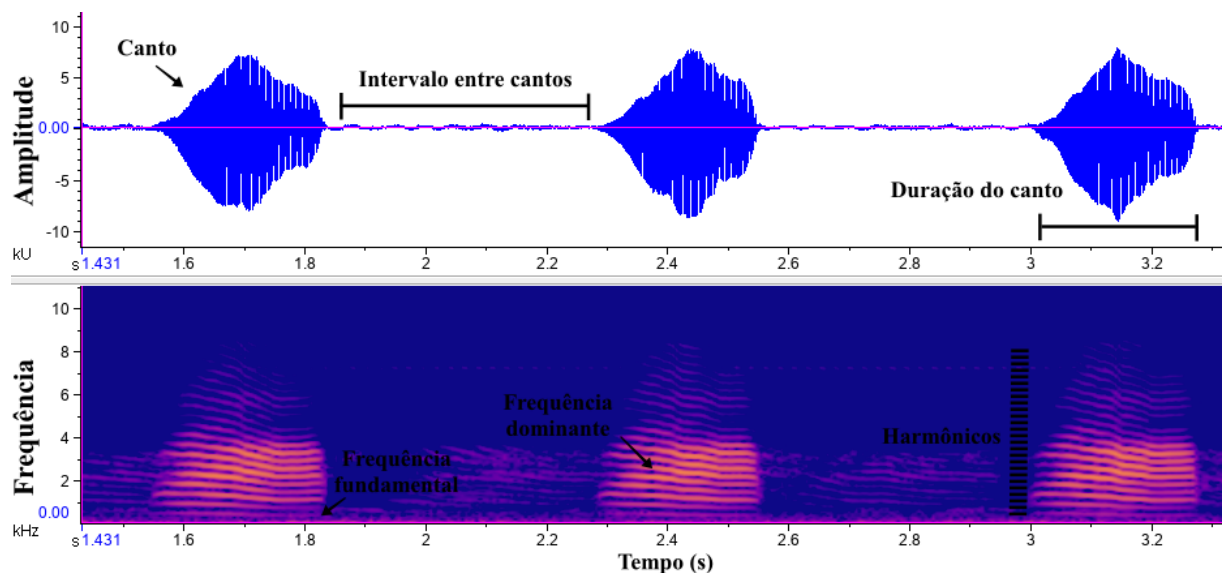
Apêndice II

Lista de espécimes de *Physalaemus albifrons* amostrados, depositados na Coleção Herpetológica do Semiárido – CHSA da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Em destaque, os números tombos referentes aos espécimes que foram considerados nas análises e entre parênteses seus respectivos números de gravação depositadas na Coleção Áudio Visual do Semiárido (CASA) na UFRSA:

CHSA 1265, **1271 (G.356)**, **1272 (G.345)**, **1273 (G.354)**, 1274, **1275 (G.353)**, **1276 (G.348)**, 1277, **1278 (G.365)**, 1279, 1280, 1281, 1282, **1283 (G.368)**, **1290 (G.378)**, 1291, **1292 (G.385)**, 1293, **1295(G.388)**, 1296, 1297, **1300(G397)**, 1301, 1302, 1303, 1304, **1305 (G.399)**, **1308 (G.425)**, **1309 (G.414)**, 1310, **1311 (G.429)**, **1312 (G.416)**, **1313 (G.413)**, 1314, **1315 (G.428)**, **1316 (G.432)**, **1317 (G430)**, 1318, 1319, **1320 (G.455)**, **1321 (G.477)**, 1322, 1323, **1324 (G.442)**, **1325 (G.438)**, **1326 (G.471)**, **1327 (G.466)**, **1328 (G.456)**, 1329, 1330, 1331, **1332 (G.457)**, 1333, 1334, 1335, 1336, 1337, 1338, **1340 (G.503)**, **1341 (G.500)**, 1342, 1343, **1344 (G.506)**, 1345, **1346 (G.494)**, 1347, 1348, 1349, **1350 (G.505)**, **1351 (G.489)**, 1352, 1355, 1356, 1357, **1358 (G.533)**, **1359 (G.534)**, 1360, 1361, **1362 (G.539)**, **1363 (G.537)**, **1364 (G.538)**, 1365, 1366, **1367 (G.540)**, 1368, 1369, 1370, 1371, 1372, 1373, 1374, **1375 (G.569)**, **1376 (G.574)**, 1377, 1378, 1379, 1380, 1381, 1382, 1383, 1384, **1385 (G.582)**, 1386, 1387, **1388 (G.567)**, 1389, 1390, **1391 (G.585)**, 1392, **1393 (G.571)**, **1394 (G.576)**.

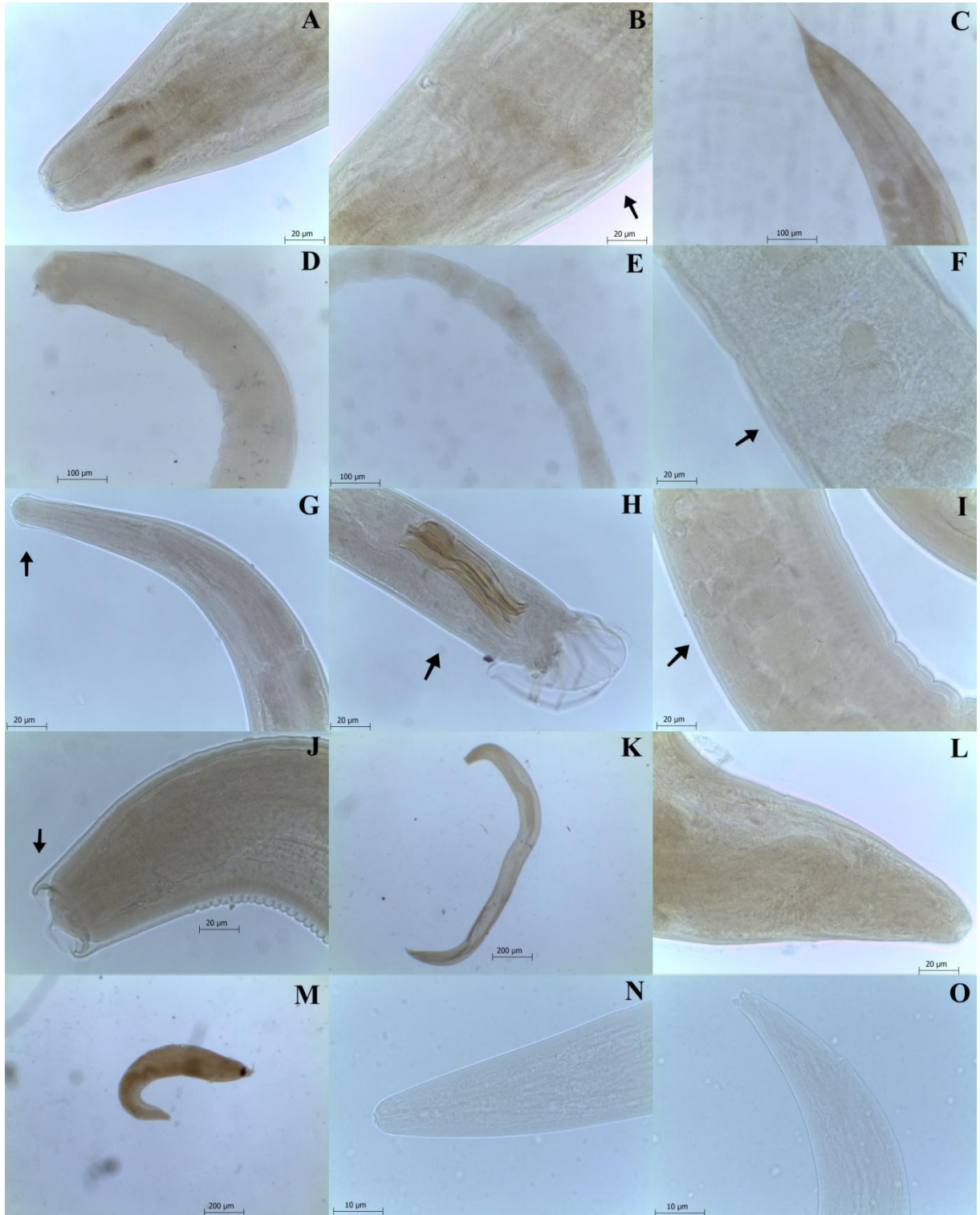
Apêndice III

Sonograma de três cantos de anúncio de *Physalaemus albifrons*. No oscilograma (acima), observa-se a amplitude ao longo do tempo. O canto dos anuros é definido como a unidade sonora de uma vocalização; os intervalos entre cantos são os períodos em silêncio entre um canto e outro; e a duração do canto corresponde ao tempo gasto entre o início e o final do canto emitido (Köhler et al., 2017). No espectrograma (abaixo), observa-se as frequências ao longo do tempo. Nele, podemos observar a frequência fundamental, frequência base emitida em um canto; frequência dominante, onde se concentra a maior energia do canto; e os harmônicos, que são múltiplos da frequência fundamental (Köhler et al., 2017).



Apêndice IV

Prancha de imagem dos helmintos parasitos, identificados ao nível de gênero, parasitando *Physalaemus albifrons* provenientes de áreas da Depressão Sertaneja Setentrional, domínio Caatinga, Nordeste do Brasil:



As fotos A, B e C são referentes a um helminto fêmea da família Cosmocercidae, parasito encontrado em intestino grosso de *Physalaemus albifrons*. As fêmeas dessa família são muito semelhantes, dessa forma impossibilitando a identificação com base nos caracteres morfológicos. A identificação ao nível de espécie só é possível quando existem machos na amostra. A foto A representa a região da cabeça, enquanto na foto B está mostrando em detalhe o formato do bulbo (seta). Na foto C, vemos a região posterior do corpo, com a presença de ovos ovalados.

As fotos D, E e F são referentes a um Cestoda adulto, gênero *Cylindrotenia*, parasito encontrado no intestino delgado de machos de *P. albifrons* em estágio adulto e na forma de tetrathyridium. A foto D representa a parte anterior, o escólex, enquanto na E podemos ver a segmentação do corpo. Em detalhe, na foto F vemos proglotes maduras.

As fotos G, H e I são referentes à nematódeos macho (G e H) e fêmea (I) do gênero *Oswaldocruzia*. Encontrados em maior prevalência parasitando *P. albifrons*, estes foram registrados no estômago e intestino delgado dos hospedeiros. A foto G mostra em detalhe a dilatação cefálica (capuz), típica de representantes do gênero. Os espículos são evidenciados na foto H, onde vemos também a bolsa copulatória dos machos. Em detalhe, na foto I, ovos larvados nas fêmeas.

As fotos J e K são referentes a um nemátodo em estado larval, pertencente ao gênero *Physaloptera*, parasito encontrado em estômago de *P. albifrons*. Vemos em destaque (J) o colarete cefálico.

Por fim, nas demais fotos (L à O), vemos nematodas do gênero *Rhabdias*. O helminto nas fotos L e M foi classificado como *Rhabdias* sp.1. Já aquele nas fotos N e O, foi classificado como *Rhabdias* sp.2. O gênero *Rhabdias* é conhecido por parasitar pulmões de anuros, o mesmo foi observado para os machos de *P. albifrons* desse estudo.

Apêndice V

Tabela contendo as reduções no modelo entre o Componente Principal 1 das variáveis resposta presentes no canto de anúncio de *Physalaemus albifrons*, considerando o efeito da presença/ausência de parasitos (n de indivíduos = 47), comprimento rostro-cloacal (crc), massa, temperatura do ar e umidade relativa do ar. A PCA foi composta por sete variáveis-resposta: duração do canto, intervalo entre cantos, taxa de repetição, frequência fundamental, frequência dominante, amplitude de frequências e nº de harmônicos. Ela demonstrou que 43% da variabilidade dos parâmetros acústicos foi explicada pelo PC1. Os efeitos aditivos e as interações são representados por “+” e “:”, respectivamente. O modelo mais parcimonioso encontra-se destacado em negrito. AIC= critério de informação de Akaike; Graus de liberdade^f: grau de liberdade obtido a partir de cada redução no modelo; ANOVA: análise de variância entre o modelo e seu antecessor.

Variável resposta	Modelo	AIC	Graus de liberdade ^f	Anova F	p
PC1	parasitados+crc+massa+temperatura+umidade+parasitados:crc+parasitados:massa	181	39	-	-
	parasitados+crc+temperatura	175,73	43	0,781	0,382
	crc+temperatura	176,42	44	2,531	0,119
	temperatura (redução injustificada)	178,60	45	4,079	0,049

Apêndice VI

Tabela contendo as reduções dos modelos para as variáveis acústicas (duração do canto, intervalo entre cantos, taxa de repetição, frequência fundamental, frequência dominante, amplitude de frequências e número de harmônicos) presentes no canto de anúncio de *Physalaemus albifrons* considerando o efeito do número de parasitos (número de hospedeiros =23), comprimento rostro-cloacal (crc) e umidade relativa do ar. Os efeitos aditivos são representados por “+” e o modelo mais parcimonioso destacado em negrito. AIC= critério de informação de Akaike; Graus de liberdade^f: grau de liberdade obtido a partir de cada redução no modelo; ANOVA: análise de variância entre o modelo e seu antecessor.

Variáveis resposta	Modelo	AIC	Graus de liberdade ^f	Anova F	p
Duração do canto (s)	número de parasitos+crc+umidade	-69,147	19	-	-
	número de parasitos	-72,017	21	0,712	0,409
	nulo	-72,931	22	1,016	0,325
Intervalo entre cantos (s)	número de parasitos+crc+umidade	0,412	19	-	-
	crc+umidade	-0,922	20	0,558	0,463
	crc	-1,889	21	0,919	0,349
	nulo	1,183	22	5,181	0,033
Taxa de repetição (cantos.min ⁻¹)	número de parasitos+crc+umidade	199,20	19	-	-
	crc	195,75	21	0,368	0,551
	nulo	195,72	22	1,878	0,185
Frequência fundamental (Hz)	número de parasitos+crc+umidade	213,51	19	-	-
	número de parasitos +umidade	211,52	20	0,013	0,911
	umidade	213,53	21	3,806	0,065
	nulo	217,37	22	6,069	0,022
Frequência dominante (Hz)	número de parasitos+crc+umidade	309,88	19	-	-
	número de parasitos +crc	307,88	20	0	0,997
	crc	305,90	21	0,014	0,918
	nulo	310,18	22	6,595	0,018
Amplitude de frequências (Hz)	número de parasitos+crc+umidade	332,93	19	-	-
	crc+umidade	331,09	20	0,139	0,713
	crc	330,04	21	0,841	0,370
	nulo	334,63	22	6,969	0,015
Número de harmônicos	número de parasitos+crc+umidade	120,42	19	-	-
	número de parasitos	116,92	21	0,354	0,558
	nulo	115,37	22	0,407	0,530