

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FFCLRP – DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA COMPARADA

Caracterização acústica e morfológica na delimitação taxonômica de populações e espécies de *Ololygon* Fitzinger, 1843 (Anura, Hylidae)

Davi Lee Bang

Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto-USP, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências - Área: Biologia Comparada

Ribeirão Preto / SP

2017

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FFCLRP - DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA COMPARADA

Caracterização acústica e morfológica na delimitação taxonômica de populações e espécies de *Ololygon* Fitzinger, 1843 (Anura, Hylidae)

Davi Lee Bang

Orientador: Dr. Ariovaldo Antonio Giaretta

Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto-USP, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências - Área: Biologia Comparada

Ribeirão Preto / SP

2017

Não autorizo a reprodução e divulgação deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, uma vez que os dados aqui contidos são inéditos.

Bang, Davi Lee

Caracterização acústica e morfológica na delimitação taxonômica de populações e espécies de *Ololygon* Fitzinger, 1843 (Anura, Hylidae)

88 p. : il. ; 30 cm

Dissertação de Mestrado, apresentada ao Departamento de Biologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Biologia Comparada.

Orientador: Giaretta, Ariovaldo Antonio

1. Anura. 2. Bioacústica. 3. Cerrado e Mata Atlântica. 4. Scinaxinae. 5. Taxonomia.

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Davi Lee Bang

Caracterização acústica e morfológica na delimitação taxonômica de populações e espécies de *Ololygon* Fitzinger, 1843 (Anura, Hylidae)

Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto-USP, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências - Área: Biologia Comparada

Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Dr(a): \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ Julgamento: \_\_\_\_\_

Dr(a): \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ Julgamento: \_\_\_\_\_

Dr(a): \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ Julgamento: \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecimento especial ao meu orientador e amigo Dr. Ariovaldo A. Giaretta, o qual contribuiu imensuravelmente para o meu crescimento profissional e pessoal através de discussões frutíferas e ensinamentos valiosos.

À família, pelo apoio incondicional sem o qual o presente trabalho não seria possível de ser realizado.

À namorada, Marina Inocêncio e amigos pelo suporte emocional durante a caminhada do mestrado e pelos momentos de descontração. Com toda certeza são parte fundamental do meu crescimento pessoal.

Aos colegas de laboratório, pelas campanhas de campo, trabalhos publicados em conjunto e discussões ricas, bem como por momentos de descontração, que contribuíram para o meu crescimento profissional e pessoal.

À Fonoteca Neotropical Jacques Vielliardi por conceder arquivos sonoros para fins de comparação com os dados do presente trabalho. Ao Dr. Célio F. B. Haddad e Dr. Luis Felipe Toledo por permitirem a análise de espécimes sob os seus cuidados em suas respectivas coleções científicas.

À Ana Carolina Calijorne Lourenço por discussões frutíferas a cerca de problemáticas do presente estudo.

Ao Ricardo Belmonte Lopes e Marcio Pie, pela realização das análises genéticas do presente estudo.

Aos membros da banca por aceitarem, prontamente, aceitarem a participar da mesma para arguição do presente trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida, da qual sem, a minha formação profissional e realização do presente trabalho seria impossível. Ao CNPq e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais pelo auxílio financeiro concedido ao laboratório do meu orientador para realização de campanhas de campo.

## RESUMO

Bang, D. L. (2017). **Caracterização acústica e morfológica na delimitação taxonômica de populações e espécies de *Oloolygon* Fitzinger, 1843 (Anura, Hylidae)**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Departamento de Biologia, Universidade de São Paulo.

A taxonomia produz uma importante contribuição para o conhecimento da biodiversidade. A taxonomia tradicional apresenta limitações quando a morfologia se mostra incapaz de revelar a diversidade dentro de grupos, necessitando a integração de diferentes tipos de dados. Espécies representam categoria básica de classificação biológica, existindo vários conceitos propostos. Um conceito unificado propõe que uma espécie representa um segmento de linhagem de uma metapopulação evolutivamente independente. Anuros apresentam ampla distribuição e são particularmente diversificados no Neotrópico. Sinais acústicos em anuros são amplamente estudados, sendo o mais abordado o canto de anúncio, por ser espécie-específico e ser útil no delineamento taxonômico entre populações/espécies. *Oloolygon* Fitzinger representa um grupo especioso de hílideos e foi recentemente ressuscitado com base em análises moleculares para compor as espécies do antigo clado de *Scinax catharinae*. No presente estudo pretendemos contribuir com o conhecimento da diversidade de *Oloolygon*, caracterizando morfológica e acusticamente populações e espécies, em particular: i) determinar a posição taxonômica de populações relacionadas à *Oloolygon centralis*, provenientes do município de Araguari (Minas Gerais) e Cumari (Goiás); ii) re-caracterizar morfologia e cantos de três espécies (*O. hiemalis*, *O. ranki* e *O. canastrensis*) com o propósito de fornecer maiores detalhes sobre suas vocalizações e avaliar se o que está descrito na literatura corresponde com a nossa caracterização, e a partir disso, avaliar a diagnose entre *O. hiemalis* e *O. ranki*; iii) descrever pela primeira vez o repertório vocal de *O. pombali* da localidade tipo e reportar variações fenotípicas que não foram observadas antes. Espécimes depositados em museus foram avaliados quanto às suas morfologias e morfometrias. Gravações foram obtidas com gravadores profissionais/digitais e microfones direcionais acoplados, e analisadas no programa Raven Pro 1.5. As populações de Araguari e Cumari representam *Oloolygon centralis* verdadeira, até que uma quantidade maior de evidências diga o contrário. O repertório vocal de *Oloolygon hiemalis* é redescrito no presente estudo e, com isso, foi evidenciado

que o canto tipo A (=anúncio) não foi reportado originalmente. Em relação à comparação entre *O. hiemalis* e *O. ranki*, foi considerado que elas são fenotipicamente indistinguíveis em termos de morfologia e vocalizações, mas apresentaram diferenças quantitativas em taxas de repetição de pulsos que podem ser atribuíveis a respostas comportamentais e/ou fisiológicas. O repertório vocal de *O. canastrensis* condiz com aquele descrito na literatura, apesar de haver algumas diferenças atribuíveis a variação intraespecífica. O repertório vocal de *O. pombali* é descrito pela primeira vez no presente estudo e existe uma variação em relação ao padrão dorsal de cor e manchas dessa espécie que não foi reportado originalmente, do qual não foi um caráter confiável para diagnose dessa espécie em relação aos demais congêneres.

Palavras-chave: Bioacústica. Cerrado. Clado *Scinax catharinae*. Mata Atlântica.  
Taxonomia

## ABSTRACT

Bang, D. L. (2017). **Acoustic and morphological description for taxonomic delimitation of species and populations of *Ololygon* Fitzinger, 1843 (Anura, Hylidae)**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Departamento de Biologia, Universidade de São Paulo.

Taxonomy yields an important contribution to the biodiversity knowledge. Traditional taxonomy is limited when morphology solely fails to reveal the real diversity within groups, requiring the integration of different kinds of data. Species represents the most basic category for biological classification, with currently a great array of concepts. A unified concept posits species as a lineage of a metapopulation that is evolutionarily independent. Anurans are widely distributed and are particularly diversified in the Neotropics. Acoustic signals in anurans are widely studied, being the most common one the advertisement call, as it has a species-specific characteristic and hence being useful in taxonomic delimitations between populations/species. *Ololygon* Fitzinger is a highly diversified hilydae genus and was recently resurrected on the basis of molecular analyses to shelter all species of the former *Scinax catharinae* clade. In the present study, we aim to contribute to the knowledge of *Ololygon*'s diversity, by characterizing morphologically and acoustically species and populations, in particular: *i*) to determine the taxonomic position of populations closely related to *Ololygon centralis*, from the municipalities of Araguari (Minas Gerais) and Cumari (Goiás); *ii*) to re-characterize three species (*O. hiemalis*, *O. ranki*, and *O. canastrensis*) to provide further details on their vocalizations and evaluate if what is actually described in the literature corresponds to our descriptions, and also to evaluate the diagnosis between *O. hiemalis* and *O. ranki*; *iii*) to describe for the first time the vocal repertory of *O. pombali* from its type-locality and report phenotypic variations that were not previously reported. Specimens in museums were characterized regarding their morphology and morphometry. Recordings were acquired with digital/professional recorders and directional microphones coupled, and were analyzed in the software Raven Pro 1.5. Both populations from Araguari and Cumari represent *O. centralis*, until more evidences tell otherwise. The vocal repertory of *O. hiemalis* is redescribed in the present study, and with it, it was shown that the call type A (=advertisement) was not reported in the original description. When comparing *O. hiemalis* and *O. ranki*, it was considered



that both species are phenotypically indistinguishable, although there are quantitative differences in pulse rate that is attributable to behavioral/physiological responses. The vocal repertory of *O. canastrensis* agrees with that described in the literature, despite of some differences attributable to intraspecific variation. The vocal repertory of *O. pombali* is described for the first time in the present study and this species show variation regarding dorsal pattern of color and blotches that was previously unreported, of which was not a reliable character to diagnose this species with respect to its congeners.

Key-words: Atlantic Forest. Bioacoustics. Cerrado Biome. *Scinax catharinae* clade. Taxonomy.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 A taxonomia e o conceito de espécie

A taxonomia é o processo científico de identificação, descrição, classificação e nomeação de grupos biológicos naturais, o qual resulta em importante contribuição para o conhecimento da biodiversidade (Kaiser *et al.*, 2013). A maioria das perguntas nos diferentes âmbitos da biologia – evolução, ecologia, conservação, biogeografia e entre outros – dependem do inventário de espécies e do conhecimento taxonômico sobre elas (Dayrat, 2005; de Queiroz, 2005). Contudo, a taxonomia tradicional, baseada unicamente na morfologia, apresenta limitações e uma abordagem integrativa, envolvendo diferentes tipos de dados é necessária para trazer a luz à diversidade de determinados grupos (Padial *et al.*, 2010).

As espécies representam a categoria mais básica de classificação biológica. Atualmente, existem diferentes conceitos de espécies (Mayden, 1997; Wheeler & Meier, 2000), dentre eles o ecológico, evolutivo, o filogenético e o tradicional conceito biológico são os principais e mais utilizados. No entanto, de Queiroz (2007), propõem um conceito mais geral que equipara espécies com uma única linhagem evolutivamente independente de uma metapopulação (composta por subpopulações conectadas). Ainda, o autor categoriza as propriedades dos outros conceitos que são necessárias para atribuir nível de espécie a uma população como propriedades contingentes. Como por exemplo, uma linhagem em processo de especiação pode estar isolada reprodutivamente (conceito biológico), mas não necessariamente ocupar nichos, ou zonas adaptativas diferentes (conceito ecológico) (de Queiroz, 2007).

## 1.2 Anuros e sua diversidade

O maior grupo de vertebrados em termos de diversidade é representado pelos anuros, onde dentro dos limites políticos do Brasil, mais de mil espécies são reconhecidas (SBH, 2016). Grande parte dessa riqueza se deve ao fato de que esse grupo apresenta também alta diversidade em aspectos reprodutivos, morfológicos e comportamentais que permitem que seus representantes tenham sucesso ocupando uma gama variada de ambientes (Duellman & Trueb, 1986; Haddad, 1988; Wells, 2007). É

ainda válido ressaltar que o número de espécies de anuros tem cada vez mais aumentado, visto que descobertas recentes sobre novos táxons são frequentes em áreas naturais (Lourenço *et al.*, 2016; Castroviejo-Fisher *et al.*, 2017; Dias *et al.*, 2017; Haga *et al.*, 2017); isso, pois, o Brasil se encontra na zona Neotropical, que apresenta também uma diversidade de ecossistemas com características morfoclimáticas propícias para a diversidade de anuros observada para o país. Apesar disso, é válido considerar que o número de espécies reconhecidas é ainda subestimado (Fouquet *et al.*, 2007), e a magnitude do número de espécies crípticas (aquelas que não se distinguem por morfologia externa, mas são delimitadas com base em genética e/ou acústica; Bickford *et al.*, 2007; Funk *et al.*, 2012; Carvalho & Giaretta, 2013; Camine & Ron, 2014; León & Poulin, 2016; Castroviejo-Fisher *et al.*, 2017) é também desconhecida. Essa diversidade potencialmente críptica chama atenção, particularmente, pois um número considerável de espécies podem apresentar estados de ameaça de extinção, ou até mesmo serem extintas, antes mesmo de serem formalmente reconhecidas (Fouquet *et al.*, 2007).

### 1.3 Sinais acústicos em anuros

A comunicação animal é uma característica importante no sucesso reprodutivo entre os animais, tendo um papel crucial em diferentes tipos de comportamentos (e.g. territorialidade, corte, cuidado parental, entre outros) (Wells, 2007). A principal forma de comunicação entre anuros é através de sinais acústicos (vocalizações), os quais são produzidos através de um sistema relativamente complexo de produção de som (Martin, 1971; Gans, 1973; Ryan & Guerra, 2014), envolvendo estruturas anatômicas como pulmão, laringe, fendas vocais e saco vocal. Os sinais acústicos emitidos por anuros têm sido extensivamente estudados em termos de seleção natural e sexual (Wells, 2007; Guerra & Ron, 2008; Ryan & Guerra, 2014; Baugh *et al.*, 2017), e consequentemente, em aspectos evolutivos no que tange a diversificação dos táxons (Blair, 1958; Duellman & Trueb, 1986; Gerhardt, 1994; Carvalho & Giaretta, 2013). Portanto, é sabido que diferentes pressões seletivas são exercidas nesses sinais acústicos em pelo menos três níveis: *i*) interespecificamente [e.g. partição de nicho acústico (Duellman & Pyles, 1983) e reconhecimento coespecífico da fêmea em relação ao macho; (Gerhardt, 1994)], *ii*) intraespecificamente (e.g. variação entre populações geograficamente separadas de uma mesma espécie por pressões seletivas locais; Amézquita *et al.*, 2009), e *iii*)

individualmente (e.g. assinatura individual influenciada pela preferência das fêmeas; Bee & Gerhardt, 2001), além de fatores externos, tanto bióticos (e.g. micro-habitat, predação) como abióticos (e.g. temperatura, umidade), que influenciam na diferenciação dos sinais acústicos (Wells, 2007).

Entre os anuros, como re-definido (Toledo *et al.*, 2015; Köhler *et al.*, 2017), existem diferentes sinais acústicos (vocalizações) específicos relacionados a diferentes propósitos/contextos sociais (Wells, 2007; Toledo *et al.*, 2015; Köhler *et al.*, 2017). Os principais sinais produzidos por anuros são o canto de anúncio e o canto agressivo (Wells, 2007; Toledo *et al.*, 2015), sendo o primeiro, o tipo de sinal mais comumente estudado, pelo fato de que o canto de anúncio transmite informação espécie-específica, atuando como mecanismo de isolamento reprodutivo e, consequentemente, no reconhecimento sexual coespecífico (Duellman & Trueb, 1986; Wells, 2007). Portanto, o canto de anúncio tem sido uma importante linha de evidência no delineamento taxonômico das espécies e/ou populações, contribuindo no entendimento da diversidade de anuros e na resolução de problemas taxonômicos (Padial *et al.*, 2008; Carvalho & Giaretta, 2013; Camine & Ron, 2014; Köhler *et al.*, 2017). Ainda mais, o canto de anúncio tem sido útil no entendimento de padrões macroevolutivos, como, por exemplo, o entendimento da evolução de sinais acústicos em anuros (Cocroft & Ryan, 1995; Erdtmann & Amézquita, 2009; Gingras *et al.*, 2013).

#### **1.4 Táxon modelo – *Ololygon* Fitzinger, 1843**

*Breve histórico taxonômico.* O histórico nomenclatural de *Ololygon* Fitzinger, 1843 era problemático por confusões causadas pela não delimitação de espécimes-tipo, prática comum na taxonomia do século 19 (Duellman & Wiens, 1992). O gênero foi proposto por Fitzinger (1843) para abrigar apenas uma espécie: *Hyla strigilata* Spix, 1824 (espécie-tipo de *Ololygon*). Vários problemas surgiram ao redor da identidade de *H. strigilata*, pois, posteriormente, a série tipo (assumida como sendo composta por apenas um espécime) provavelmente foi destruída na Segunda Guerra Mundial (Pimenta *et al.*, 2007). Tempos depois, Fouquette & Delahoussaye (1977) alocaram todas as espécies de *Scinax*, Wagler 1830 no gênero *Ololygon* com base em caracteres larvais, e assumiram que uma delas – *Hyla aurata* Wied-Neuwied, 1821 – representaria a espécie-tipo de *Scinax* e, portanto, tinha prioridade sobre *H. strigilata*. Almeida & Cardoso

(1985) consideraram que as características larvais de *Oloolygon* eram variáveis, e, em função de que o nome *Scinax* tinha prioridade, Duellman & Wiens (1992) reconheceram este como gênero válido e atribuíram à *Oloolygon* a posição de sinônimo júnior de *Scinax*. Posteriormente, o monofiletismo de *Scinax* foi reconhecido com base em caracteres morfológicos/osteológicos (Faivovich, 2002) e moleculares (Faivovich *et al.*, 2005) e ainda foi subdividido em dois grandes clados: o de *Scinax ruber* e o de *Scinax catharinae*. A partir de uma recente análise molecular (Duellman *et al.*, 2016), o gênero *Oloolygon* foi ressuscitado para abrigar todas as espécies que correspondiam ao clado de *Scinax catharinae* (Faivovich, 2002; Faivovich *et al.*, 2005). Vale ressaltar ainda que como antes mencionado, a identidade de *Hyla strigilata* (espécie-tipo de *Oloolygon*) era incerta, até que Pimenta *et al.* (2007) re-descreveram e definiram um neótipo para a caracterização da espécie-tipo do gênero. Posteriormente, Gruber *et al.* (2017) corroboraram a ressurreição de *Oloolygon* com evidências citogenéticas, diferenciando *Oloolygon* e *Scinax* a partir da morfologia dos cromossomos.

*Definição e distribuição de Oloolygon.* De acordo com Duellman *et al.* (2016), o gênero é atualmente definido como: pererecas com tamanho pequeno a médio; discos nos dedos e artelhos levemente truncados; palmatura reduzida entre os dedos e ausente entre os dedos I e II; ventre imaculado e reprodução em matas de galeria ou bromélias terrestres. Como definido, o gênero *Oloolygon* é composto por mais de 40 espécies distribuídas ao longo do leste e regiões centrais do Brasil, nordeste da Argentina e sul do Paraguai e Uruguai (Frost, 2016). O maior número de espécies do gênero está associado, principalmente, a ambientes florestais costeiros (Mata Atlântica). Apesar disso, algumas espécies ocorrem ainda em fito-fisionomias do Bioma Cerrado (florestas de galerias), as quais são: *Oloolygon canastrensis* (Cardoso & Haddad, 1982), *O. centralis* (Pombal & Bastos, 1996), *O. machadoi* (Bokermann & Sazima, 1973), *O. pombali* (Lourenço, Carvalho, Baêta, Pezzuti & Leite, 2013) e *O. skaios* (Pombal Jr, Carvalho Jr, Canelas & Bastos, 2010). Vários trabalhos (Silveira, 2006; Valdujo *et al.*, 2012; Gambale *et al.*, 2014; Santos *et al.*, 2014; Nogueira *et al.*, 2016) e observações pessoais sobre riqueza e composição da anurofauna do Bioma Cerrado registraram populações de *Oloolygon* não atribuíveis a nenhuma espécie nominal, levando a crer que no Brasil Central ainda podem ocorrer espécies não descritas, e/ou até mesmo aumentar a distribuição conhecida para algumas espécies.

## 2 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como finalidade contribuir com a taxonomia (utilizando-se de morfologia/morfometria de adultos e caracterização de cantos) e o entendimento da diversidade de espécies do gênero *Ololygon*. Especificamente, buscamos: 1) determinar a posição taxonômica de populações intimamente relacionadas à *Ololygon centralis*, provenientes de localidades às margens do Rio Paranaíba [municípios de Araguari (Minas Gerais) e Cumari (Goiás)]; 2) re-caracterizar morfologia e cantos de três espécies (*O. hiemalis*, *O. ranki*, e *O. canastrensis*) com o propósito de fornecer maiores detalhes sobre suas vocalizações e avaliar se o que está descrito na literatura corresponde com a nossa caracterização, e a partir disso, avaliar a diagnose diferencial entre *O. hiemalis* e *O. ranki* (**Anexo A**); 3) descrever pela primeira vez o repertório vocal de *Ololygon pombali* de sua localidade tipo, reportando ainda variações fenotípicas que não foram demonstradas no trabalho de descrição da espécie (**Anexo B**).

## 5 DISCUSSÃO

*Comentários acústicos.* A descrição do repertório vocal de *O. cf. centralis* (Araguari/Cumari) condiz com as vocalizações de *O. centralis* da localidade tipo, principalmente em relação ao canto tipo A (=anúncio) por possuir o canto como contendo uma série de notas tipo grunhido curto que aumentava em amplitude ao longo do canto, e também em relação às outras organizações acústicas (emissões variadas de notas tipo grunhido longo e tipo estalo) (Bastos *et al.*, 2011). Mais ainda, era comum observar a emissão de notas tipo grunhido longo logo após a emissão de um canto tipo A nas gravações de *O. centralis* e também nas gravações de *O. cf. centralis*. Provavelmente, o comportamento de emitir notas que não de anúncio em conjunto com o canto tipo A, tem função de transmitir informações atrativas para fêmeas (canto tipo A), ao mesmo tempo em que é transmitido informações agressivas para machos vizinhos (notas tipo grunhido longo e tipo estalo) em um único esforço de vocalização (Larson, 2004; Pereyra *et al.*, 2012).

*Comparação entre *O. centralis* e *O. cf. centralis*.* Nossas análises das populações de Araguari e Cumari e de espécimes topótipos e espécimes tipo (FLONA de Silvânia) não permitiu uma diferenciação clara entre *O. centralis* e *O. cf. centralis* em termos de morfologia externa. Particularmente, nossos espécimes de Araguari e Cumari apresentaram a presença de uma glândula inguinal hipertrofiada, característica também presente em *O. centralis* que a permite ser diagnosticada do restante de todos os outros congêneres, os quais possuem essa glândula pouco desenvolvida, ou até mesmo ausente (Pombal & Bastos, 1996; Lourenço *et al.*, 2009; Lourenço *et al.*, 2013; Lourenço *et al.*, 2014; Lourenço *et al.*, 2016). Em relação aos dados morfométricos, as análises estatísticas mostraram discriminação total entre *O. cf. centralis* de *O. centralis*. Mesmo que não indicada pelo DAPC, o CRC também apresentou diferença significativa entre as populações, tendo *O. centralis* indivíduos com CRC menor e *O. cf. centralis* com indivíduos com CRC maior. Esse fato muito provavelmente reflete as diferenças observadas para frequências dominantes dos cantos entre as duas populações. O DAPC aplicado sobre os dados acústicos discriminou totalmente *O. centralis* de *O. cf. centralis* com base em frequência dominante dos cantos e notas, sendo que *O. centralis* possui cantos mais agudos (frequência dominante maior), do contrário de *O. cf. centralis* que apresentou cantos mais graves (frequência dominante menor). É amplamente sabido que existe uma relação inversa entre tamanho (CRC) e a frequência dominante das

vocalizações (Wells, 2007) assim como observado para essas duas populações. Esse padrão é provavelmente observado a partir da relação entre o tamanho do corpo e o aparato vocal (laringe) de produção de som. Por exemplo, na medida em que a massa e a tensão das cordas vocais aumentam por consequência de um tamanho maior, a frequência em que elas vibram diminui (Martin, 1971; McClelland *et al.*, 1998; Wells, 2007; Ryan & Guerra, 2014), resultando em cantos com frequências menores e mais graves.

No entanto, a relação entre o CRC e frequência dominante do canto não foi possível de ser testada em *O. centralis* e *O. cf. centralis*, uma vez que não havia um número considerável de espécimes testemunhos das gravações realizadas; as gravações cedidas pela FNVJ também não possuíam esse tipo de informação em relação a espécimes testemunhos.

Em relação à distribuição geográfica de *O. centralis* e *O. cf. centralis*, com os registros de ocorrência intermediários (entre a localidade tipo e Araguari/Cumari) reportados por Moura *et al.* (2010) de *O. centralis* para Campo Alegre de Goiás e Orizona (ambos municípios do estado de Goiás), é provável que, junto com os nossos dados de *O. cf. centralis*, representem um contínuo de distribuição e ocorrência dessas populações.

Análises moleculares mostraram divergências genéticas entre *O. centralis* e *O. cf. centralis* consideráveis com base no fragmento mitocondrial 16S do DNA (3,8–4,4%) (Apêndice C, Tabela). No entanto, mostraram divergências baixas em relação ao fragmento nuclear rodopsina (0,4–0,7%). Provavelmente, isso se deva ao fato de que o fragmento rodopsina seja nuclear e codificante, implicando em uma diferenciação e evolução mais lenta desse gene, refletindo as distâncias mais baixas (Brown *et al.*, 1979; Caccone *et al.*, 2004). Em contrapartida, as distâncias observadas para o gene 16S, por serem mitocondriais, são conhecidos por evoluírem em uma taxa mais rápida (Brown *et al.*, 1979; Caccone *et al.*, 2004), o que pode estar refletindo as distâncias maiores. É válido notar que Vences *et al.* (2005) estabeleceram um limiar arbitrário de divergência genética entre anuros, considerando-se o fragmento 16S, de 3% para se considerar linhagens divergentes (espécies candidatas a serem novas). Nesse sentido, Nogueira *et al.* (2016), identificaram uma espécie potencialmente nova (pendendo à análises morfológicas e acústicas) de *Ololygon* proveniente do estado do Mato Grosso, oeste do Brasil (Chapada dos Guimarães), com divergências genéticas variando de 7 a



10% em relação a outros congêneres. Por outro lado, em alguns outros gêneros de anuros neotropicais, evidenciaram-se algumas distâncias genéticas relativamente baixas entre espécies intimamente relacionadas, mas que ainda sim foram consideradas como linhagens independentes. Por exemplo, Andrade *et al.* (2016) argumentaram, em um contexto comparativo, que a espécie *Pseudopaludicola jaredi* devia ser considerada como uma linhagem independente em relação a espécies relacionadas (*P. saltica* e *P. murundu*), mesmo tendo em vista distâncias genéticas variando entre 1,4–2%. Outro exemplo diz respeito a espécies do gênero *Ameerega*, onde Lötters *et al.* (2009) reconheceram *A. boehmei* como diferente de duas espécies relacionadas – *A. flavopicta* e *A. braccata* – com base em distâncias genéticas que variaram de 1,8–5,0 %.

Em relação às análises filogenéticas, todas as árvores inferidas – datadas, por ML e por inferência bayesiana (16S + 12S + rodopsina) recuperaram *O. centralis* e *O. cf. centralis* como clados irmãos com um suporte considerável nas árvores com datação indireta e bayesiana, mas com suporte baixo na árvore recuperada por ML. Portanto, *O. cf. centralis* foi recuperada como tendo reciprocidade monofilética em relação a *O. centralis*. Muito provavelmente essa inter relação entre *O. centralis* e *O. cf. centralis* não foi muito bem resolvida por um dos métodos em vista da pequena quantidade de pares de base para os fragmentos 16S (402) e rodopsina (316), principalmente esse último, que é conhecido por não conseguir resolver bem inter relações em outros grupos de anuros (Roelants *et al.*, 2004; Che *et al.*, 2007; Li *et al.*, 2008). Considerando as árvores que foram recuperadas com a datação indireta, podemos observar que a divergência entre as linhagens *O. centralis* e *O. cf. centralis* ocorreu a cerca de 10 milhões de anos atrás. Esse tempo de divergência é considerado como relativamente recente (Brown *et al.*, 1979), mas parece representar uma estimativa de tempo considerável para o acúmulo de características fenotípicas e diferentes (diagnósticas) entre as linhagens.

Como discutido acima, *O. centralis* e *O. cf. centralis*, apesar das evidências genéticas, não possuem diferenciações fenotípicas (morfologia e vocalização) discrepantes, e, apesar de não termos testado a relação que potencialmente existe entre tamanho e frequência dominante dos cantos, muito provavelmente, com o acúmulo de novos dados, essa dependência de caracteres deve ser evidenciada. No entanto, parece razoável especular que as populações de *O. cf. centralis* possam estar sendo selecionadas sexualmente para terem tamanhos maiores por consequência de

preferências das fêmeas por cantos com frequência dominante menores (Nevo & Capranica, 1985). Isso porque diferenças em CRC podem contribuir para diferenças na sensibilidade do órgão sensorial de fêmeas (papila basilar), uma vez que o sistema auditivo pode apresentar sensibilidade a frequências mais baixas quando indivíduos (machos e fêmeas) apresentam tamanhos maiores (Wilczynski, 1986; Foster & Endler, 1999; Wells, 2007).

Como apontado acima em relação a estimativas de tempos de divergência, era esperado que *O. cf. centralis* tenha acumulado diferenças diagnósticas em relação a *O. centralis*, o que não foi evidenciado. Esse fato, junto com as evidências acústicas acima discutidas, pode ser um indicativo de que a especiação e o isolamento reprodutivo de *O. cf. centralis* em relação a *O. centralis* ainda possam estar em processo de acúmulo de características fenotípicas que permitam diferenciar as duas populações.

Portanto, com as linhas de evidências apresentadas no presente estudo, fica claro que se faz necessário um maior acúmulo de dados genéticos e fenotípicos, principalmente de localidades intermediárias ao longo da distribuição de *Ololygon centralis*, para avaliar se: 1) diferenças de tamanho e frequência dominante representam uma variação clinal (Ryan & Wilczynski, 1991; Foster & Endler, 1999) e, com isso, 2) testar o efeito do tamanho de indivíduos sobre as diferenças em frequência dominante do canto, e também avaliar se 3) a reciprocidade monofilética entre *O. centralis* e *O. cf. centralis* se mantém com dados genéticos de localidades intermediárias. Com evidências quantitativas de diferenças morfométricas, frequência dominante de cantos e genéticas, mas com sobreposição qualitativa de caracteres morfológicos e estruturais de canto, foi considerado que as populações de Araguari e Cumari representem *Ololygon centralis* verdadeira, pelo menos até que uma maior quantidade de dados e mais linhas de evidências possam indicar o contrário.

## 6 CONCLUSÕES

As populações de Araguari e Cumari, com base nas evidências apresentadas no presente estudo, representam *Ololygon centralis* verdadeira, até que uma quantidade maior de informações diga o contrário.

O repertório vocal de *Ololygon hiemalis* é redescrito no presente estudo e, com isso, foi evidenciado que o canto tipo A (=anúncio) não foi reportado originalmente. Em relação à comparação entre *O. hiemalis* e a espécie morfológicamente similar, *O. ranki*, foi considerado que as duas espécies são fenotipicamente indistinguíveis em termos de morfologia, morfometria e estrutura das vocalizações, mas apresentaram diferenças quantitativas em taxas de repetição de pulsos que podem ser atribuídas a respostas comportamentais e/ou fisiológicas. Com isso, com uma eventual sinonimização de *O. ranki* em relação a *O. hiemalis*, essa primeira espécie poderia ser retirada de listas vermelhas, da qual atualmente é considerada como vulnerável (**Anexo A**).

O repertório vocal de *Ololygon canastrensis* condiz com o descrito na literatura, apesar de haver algumas variações acústicas que são atribuídas à variação intraespecífica (**Anexo A**).

O repertório vocal de *Ololygon pombali* é descrito pela primeira vez no presente estudo e existe uma variação em relação ao padrão de coloração dorsal dessa espécie que não foi reportado originalmente, do qual se mostrou como não sendo um caráter confiável para diagnose de *O. pombali* em relação aos demais congêneres (**Anexo B**).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C. G. & CARDOSO, A. J. Variabilidade em medidas dos espermatozoides de *Hyla fuscovaria* (Amphibia, Anura) e seu significado taxonômico. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 45, p. 387–391, 1985.

ANDRADE, F. S. A new species of long-legged *Pseudopaludicola* from northeastern Brazil (Anura, Leptodactylidae, Leiuperinae). **Salamandra**, v. 52, n. 2, p. 107–124, 2016.

AMÉZQUITA, A. *et al.* Calls, colours, shape, and genes: a multi-trait approach to the study of geographic variation in the Amazonian frog *Allobates femoralis*. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 98, p. 826–838, 2009.

BASTOS, R. P. *et al.* Vocal behavior and conspecific call response in *Scinax centralis*. **Herpetological Journal**, v. 21, p. 43–50, 2011.

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

BAUGH, A. T.; GRIDI-PAPP, M. & RYAN, M. J. A laryngeal fibrous mass impacts the acoustics and attractiveness of a multicomponent call in túngara frogs. **Bioacoustics**, p. 1–13, 2017.

BEE, M. A. & GERHARDT, C. Neighbour-stranger discrimination by territorial male bullfrogs (*Rana catesbeiana*): I. Acoustic basis. **Animal Behavior**, v. 62, p. 1129–1140, 2001.

BICKFORD, D. *et al.* Cryptic species as a window on diversity and conservation. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 22, n. 3, p. 148–155, 2006.

BIOACOUSTICS RESEARCH PROGRAM. Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software (version 1.5). The Cornell Lab of Ornithology. Ithaca (NY). 2014. Available from: <http://www.birds.cornell.edu/raven>.

BLAIR, W. F. Mating call in the speciation of anuran amphibians. **The American Naturalist**, v. 92, p. 27–51, 1958.

BROWN, W. M.; GEORGE JR., M. & WILSON, A. C. Rapid evolution of animal mitochondrial DNA. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 76, n. 4, p. 1967–1971, 1979.

CACCONE, A.; GENTILE, G.; BURNS, C. E.; SEZZI, E.; BERGMAN, W.; RUELLE, M.; SALTONSTALL, K. & POWELL, J. R. Extreme differences in rate of mitochondrial and nuclear DNA evolution in a large ectotherm, Galápagos tortoises. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 31, p. 794–798, 2004.

CAMINE, M. A. & RON, S. R. Systematics of treefrogs of the *Hypsiboas calcaratus* and *Hypsiboas fasciatus* species complex (Anura, Hylidae) with the description of four new species. **Zookeys**, v. 370, p. 1–68, 2014.

CARVALHO, T. R. & GIARETTA, A. A. Taxonomic circumscription of *Adenomera martinezi* (Bokermann, 1956) (Anura: Leptodactylidae: Leptodactylinae) with the recognition of a new cryptic taxon through a bioacoustic approach. **Zootaxa**, v. 3701, n. 2, p. 207–237, 2013.

CASTROVIEJO-FISHER, S.; KÖHLER, J.; DE LA RIVA, I. & PADIAL, J. M. A new morphologically cryptic species of *Phyllomedusa* (Anura: Phyllomedusidae) from Amazonian forests of northern Peru revealed by DNA sequences. **Zootaxa**, v. 4269, n. 2, p. 245–264, 2017.

CHE, J. *et al.* Phylogeny of Raninae (Anura: Ranidae) inferred from mitochondrial and nuclear sequences. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 43, n. 1, p. 1–13, 2007.

DAYRAT, B. Towards integrative taxonomy. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 85, p. 407–415, 2005.

de QUEIROZ, K. Ernst Mayr and the modern concept of species. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 102, n. 1, p. 6600–6607, 2005.

de QUEIROZ, K. Species Concepts and Species Delimitation. **Systematic Biology**, v. 56, n. 6, p. 879–886, 2007.

DIAS, I.R.; HADDAD, C.F.B.; ARGÔLO, A.J.S. & ORRICO, V.G.D. The 100th: An appealing new species of *Dendropsophus* (Amphibia: Anura: Hylidae) from northeastern Brazil. **Plos One**, v. 12, n. 3: e0171678, 2017.

DUELLMAN, W.E. & PYLES, R.A. Acoustic Resource Partitioning in Anuran Communities. **Copeia**, v. 3, p. 639–649. 1983.

DUELLMAN, W. & TRUEB, L. Biology of Amphibians. **McGraw-Hill**, New York. 670p. 1986.

DUELLMAN, W. E. & WIENS, J. J. The status of the hylid frog genus *Ololygon* and recognition of *Scinax* Wagler, 1830. **Occasional papers of the Museum of Natural History, the University of Kansas**, v. 151, p. 1–23, 1992.

DUELLMAN, W. E.; MARION, A. B. & HEDGES, B. S. Phylogenetics, classification, and biogeography of the treefrogs (Amphibia: Anura: Arboranae). **Zootaxa**, v. 4104, n. 1, p. 1–109, 2016.

ERDTMANN, L. & AMÉZQUITA, A. Differential Evolution of Advertisement Call Traits in Dart-Poison Frogs (Anura: Dendrobatidae). **Ethology**, v. 115, p. 801–811, 2009.

FAIVOVICH, J. A cladistic analysis of *Scinax* (Anura: Hylidae). **Cladistics**, v 18. p. 367–393, 2002.

FAIVOVICH, J. *et al.* Systematic review of the frog family Hylidae, with special reference to Hylinae: phylogenetic analysis and taxonomic revision. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 294, p. 1–240, 2005.

FITZINGER, L. J. F. J. **Systema Reptilium**. Wien: Braunmüller and Seidel, 1843.

FOSTER, S. A. & ENDLER, J. A. **Geographic Variation in Behavior: Perspectives on Evolutionary Mechanisms**. Oxford University Press: Oxford and New York, 1999.

FOUQUETTE, M. J. & DELAHOUSAYE, A. J. Sperm morphology in the *Hyla rubra* group (Amphibia, Anura, Hylidae), and its bearing on generic status. **Journal of Herpetology**, v. 11, n. 4, p. 387–396, 1977.

FOUQUET, A. *et al.* Underestimation of Species Richness in Neotropical Frogs Revealed by mtDNA Analyses. **PloS One**, v. 10, p. 1–10, 2007.

FROST, D.R. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.0 (05 May 2016). Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. **American Museum of Natural History**, New York, 2015.

FUNK, C.W. *et al.* High levels of cryptic species diversity uncovered in Amazonian frogs. **Proceedings of the Royal Society**, v. 278, p. 1806–1814, 2011.

GANS, C. Sound Production in the Salientia: Mechanism and Evolution of the Emitter. **American Zoologist**, v. 13, 1179–1194, 1973.

GAMBALE, P. G. *et al.* Composição e riqueza de anfíbios anuros em remanescens de Cerrado do Brasil Central. **Iheringia Série Zoologia**, v. 104, n. 1, p. 50–58, 2014.

GINGRAS, B. *et al.* Phylogenetic signal in the acoustic parameters of the advertisement calls of four clades of anurans. **BMC Evolutionary Biology**, v. 13, p. 134, 2013.

GRUBER, S. *et al.* Comparative analysis based on replication banding reveals the mechanism responsible for the difference in the karyotype constitution of treefrogs *Oloolygon* and *Scinax* (Arboranae, Hylidae, Scinaxinae). **Comparative Cytogenetics**, v. 11, n. 2, p. 267–283, 2017.

HAGA, I. A. *et al.* Unrevealing the leaf frogs Cerrado diversity: A new species of *Pithecopus* (Anura, Arboranae, Phyllomedusidae) from the Mato Grosso state, Brazil. **PloS One**, v. 12, n. 9: e0184631, 2017.

HEYER, W. R. *et al.* Frogs of Boracéia. **Arquivos de Zoologia**, v. 31, n. 4, p. 231–410, 1990.

HOTHORN, T. *et al.* Implementing a Class of Permutation Tests: The coin Package. **Journal of Statistical Software**, v. 28, n. 8, p. 1–23, 2008.

HEPP, F.; LOURENÇO, A. C. C. & POMBAL Jr., J. P. Bioacoustics of four *Scinax* species and a review of acoustic traits in the *Scinax catharinae* species group (Amphibia: Anura: Hylidae). **Salamandra**, v. 53, n. 2, p. 212–230, 2017.

JOMBART, T. adegenet: a R package for the multivariate analysis of genetic markers. **Bioinformatics**, v. 24, p. 1403–1405, 2008.

JOMBART, T.; DEVILLARD, S. & BALLOUX, E. Discriminant analysis of principal components: a new method for the analysis of genetically structured populations. **Genetics**, v. 11, p. 1–15, 2010.

KAISER, H. *et al.* Best Practices: In the 21st Century, Taxonomic Decisions in Herpetology are Acceptable Only When Supported by a Body of Evidence and Published via Peer-Review. **Herpetological Review**, v. 44, n. 1, p. 8–23, 2013.

KÖHLER, J. *et al.* The use of bioacoustics in anuran taxonomy: theory, terminology, methods and recommendations for best practice. **Zootaxa**, v. 4251, n. 1, p. 001–124, 2017.



KORKMAZ, S. *et al.* MVN: An R Package for Assessing Multivariate Normality. **The R Journal**, v. 6, n. 2, p. 151–162, 2014.

LARSON, K. A. Advertisement call complexity in northern leopard frogs, *Rana pipiens*. **Copeia**, v. 2004, p. 676–682, 2004.

LI, J. *et al.* Molecular phylogeny of Rhacophoridae (Anura): A framework of taxonomic reassignment of species within the genera *Aquixalus*, *Chiromantis*, *Rhacophorus*, and *Philautus*. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 48, n. 1, p. 302–312, 2008.

LÖTTTERS, S. *et al.* Another case of cryptic diversity in poison frogs (Dendrobatidae: *Ameerega*)—description of a new species from Bolivia. **Zootaxa**, v. 2028, p. 20–30, 2009.

LOURENÇO, A. C. C. *et al.* A new species of the *Scinax catharinae* group (Anura, Hylidae) from Serra da Canastra, southwestern state of Minas Gerais, Brazil. **Zootaxa**, v. 3613, n. 6, p. 573–588, 2013.

LOURENÇO, A. C. C.; NASCIMENTO, L. B. & PIRES, M. R. A new species of the *Scinax catharinae* species group (Anura: Hylidae) from Minas Gerais, southeastern Brazil. **Herpetologica**, v. 65, n. 4, p. 468–479, 2009.

LOURENÇO, A. C. C.; LUNA, M. C. & POMBAL Jr., J. P. A new species of the *Scinax catharinae* Group (Anura: Hylidae) from Northeastern Brazil. **Zootaxa**, v. 3889 n. 2, p. 259–276, 2014.

LOURENÇO, A. C. C. *et al.* A new species of the *Scinax catharinae* group (Anura: Hylidae) from southeastern Brazil. **Zootaxa**, v. 4154, n. 4, p. 415–435, 2016.

MARTIN, W. F. Mechanics of Sound Production in Toads of the Genus *Bufo*: Passive Elements. **Journal of Experimental Zoology**, v. 176, p. 273–294, 1971.

MAYDEN, R. L. A hierarchy of species concepts: The denouement in the saga of the species problem. Pages 381–424 *in* Species: The units of biodiversity (M. F.

CLARIDGE, H. A. DAWAH, AND M. R. WILSON, eds.). **Chapman and Hall**, London. p. 439, 1997.

MCCLELLAND, B. E.; WILCZYNSKI, W. & RYAN, M. J. Intraspecific variation in laryngeal and ear morphology in male cricket frogs (*Acris crepitans*). **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 63, p. 51–67, 1998.

MOURA, M. R. *et al.* Amphibia, Anura, Hylidae, *Scinax centralis* Pombal and Bastos, 1996: Distribution extension, geographic distribution map. **Check List**, v. 6, n. 1, p. 173–175, 2010.

NEVO, E. & CAPRANICA, R. R. Evolutionary origin of ethological reproductive isolation in cricket frogs, *Acris*. **Evolutionary Biology**, v.19, p. 147–214, 1985.

NOGUEIRA, L. *et al.* Genetic analysis reveals candidate species in the *Scinax catharinae* clade (Amphibia: Anura) from Central Brazil. **Genetics and Molecular Biology**, v. 39 n. 1, p. 49–53, 2016.

PIMENTA, B. V. S.; FAIVOVICH, J. & POMBAL Jr., J. P. On the identity of *Hyla strigilata* Spix, 1824 (Anura: Hylidae): redescription and neotype designation for a “ghost” taxon. **Zootaxa**, v. 1441, p. 35–49, 2007.

PADIAL, J. M. *et al.* Assessing the taxonomic status of tropical frogs through bioacoustics: geographical variation in the advertisement calls in the *Eleutherodactylus discoidalis* species group (Anura). **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 152, p. 353–365, 2008.

PADIAL, J. M. *et al.* The integrative future of taxonomy. **Frontiers in Zoology**, v. 7, n. 16, p. 1–14, 2010.

PEREYRA, M. O. *et al.* Advertisement call of the closely related species *Scinax aromothyella* Faivovich, 2005 and *S. berthae* (Barrio, 1962), with comments on the complex calls in the *S. catharinae* group. **Herpetological Journal**, v. 22, p. 133–137, 2012.

POMBAL JR., J. P. & BASTOS, R. P. Nova espécie de *Scinax* Wagler, 1830 do Brasil Central (Amphibia, Anura, Hylidae). **Boletim do Museu Nacional, Nova Série, Zoologia**, v. 371, p. 1–11, 1996.

ROELANTS, K.; JIANG, J. & BOUSSUYT, F. Endemic ranid (Amphibia: Anura) genera in southern mountain ranges of the Indian subcontinent represent ancient frog lineages: evidence from molecular data. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 31, n. 2, p. 730–740, 2004.

RYAN, M. J. & WILCZYNSKI, W. Evolution of intraspecific variation in the advertisement call of a cricket frog (*Acris crepitans*, Hylidae). **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 44, p. 249–271, 1991.

RYAN, M. J. & GUERRA, M. A. The mechanism of sound production in túngara frogs and its role in sexual selection and speciation. **Current Opinion in Neurobiology**, v. 28, p. 54–59, 2014.

R Development Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing, version 3.2.3. Vienna (AU), 2015. Available from: <http://www.R-project.org>.

SANTOS; D. L. *et al.* Amphibians and reptiles from southeastern Goiás, Central Brazil. **Checklist**, v. 10, n. 1, p. 131–148, 2014.

SILVEIRA, A. L. Anfíbios do município de João Pinheiro, uma área de Cerrado no noroeste de Minas Gerais, Brasil. **Arquivos do Museu Nacional**, v. 64, n. 2, p. 131–139, 2006.

SUEUR, J.; AUBIN, T. & SIMONIS, C. Seewave, a free modular tool for sound analysis and synthesis. **Bioacoustics**, v. 18, p. 213–226, 2008.

TOLEDO, L. F. *et al.* The anuran calling repertoire in the light of social context. **Acta Ethologica**, v. 18, 87–99, 2015.

VALDUJO, P. H. *et al.* 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.

VENCES, M. *et al.* Comparative performance of the 16S rRNA gene in DNA barcoding of amphibians. **Frontiers in Zoology**, v. 2, n. 5, p. 1–12, 2005.

WATTERS, J. L. *et al.* Review of morphometric measurements used in anuran species descriptions and recommendations for a standardized approach. **Zootaxa**, v. 4072, n. 2, p. 477–495, 2016.

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

WHEELER, Q. D. & MEIER, R. **Species concepts and phylogenetic theory: a debate**. Columbia University Press, New York. p. 230, 2000.

WILCZYNSKI, W. Sexual differences in Neural Tuning and Their Effect on Active Space. **Brain, Behavioral and Evolution**, v. 28, p. 83–94, 1986.