

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE  
AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS

PRISCILLA GUEDES GAMBALE

**Vocalizações de *Physalaemus cuvieri* (ANURA, LEIUPERIDAE) ao longo  
do gradiente espacial no sul do Brasil**



Maringá  
2013

PRISCILLA GUEDES GAMBALE

**Vocalizações de *Physalaemus cuvieri* (ANURA, LEIUPERIDAE) ao longo do gradiente espacial no sul do Brasil**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Ciências Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Rogério Pereira Bastos

Maringá  
2013

"Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)"  
(Biblioteca Setorial - UEM. Nupélia, Maringá, PR, Brasil)

G187v      Gambale, Priscilla Guedes, 1987-  
Vocalizações de *Physalaemus cuvieri* (ANURA, LEIUPERIDAE) ao longo do gradiente espacial no sul do Brasil / Priscilla Guedes Gambale. -- Maringá, 2013.  
61 f. : il. (algumas color.).  
Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)--  
Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2013.  
Orientador: Prof. Dr. Rogério Pereira Bastos.  
1. *Physalaemus cuvieri* (ANURA, LEIUPERIDAE) "rã-cachorro" - Populações,  
Biologia de - Bioacústica - Paraná (Estado). I. Universidade Estadual de Maringá.  
Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes  
Aquáticos Continentais.

CDD 23. ed. -597.891788098162  
NBR/CIP - 12899 AACR/2

PRISCILLA GUEDES GAMBALE

**Vocalizações de *Physalaemus cuvieri* (ANURA, LEIUPERIDAE) ao longo do gradiente espacial no sul do Brasil**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Rogério Pereira Bastos  
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof. Dr. Rodrigo Lingnau  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Luiz dos Anjos  
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá

Aprovada em: 25 de fevereiro de 2013.

Local de defesa: Anfiteatro Prof. “Keshiyu Nakatani”, Nupélia, Bloco G-90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente à Deus pela proteção e por me guiar nos momentos de indecisão. Em especial a minha família, sempre presente na minha vida, e por ter me apoiado em qualquer decisão que me fizesse garantir um melhor futuro profissional.

Às queridas rãs cachorros, que mesmo com falta de chuva nas épocas da coleta, dificuldades em gravar, ainda assim cantaram, e graças a esses sons pude concluir minha pesquisa.

À orientação do professor Dr. Rogério Pereira Bastos, que conseguiu me dar a atenção necessária mesmo a distância. Obrigada pelas inúmeras sugestões e críticas em todos os trabalhos durante estes dois anos e nos anos da graduação, que me fizeram crescer cada vez mais profissionalmente e pessoalmente, no laboratório de comportamento animal. Obrigada por me ensinar tanto sobre a bioacústica e me instigar a querer ser uma profissional nesta área. Aos meus amigos do Laboratório de Comportamento Animal, que conseguiram me amparar mesmo a distância, e puderam de alguma forma contribuir para a realização do trabalho.

Aos meus amigos de Maringá e Goiânia que me apoiaram e sempre estiveram dispostos a me fazer bem nos momentos de angústia e desespero durante a dissertação. Não posso deixar de citar a gisa de Maringá e ao Watson de Goiânia, que me ampararam em todos os momentos de desespero durante a realização do projeto.

Não posso deixar de agradecer todos àqueles que de alguma forma me ajudaram na coleta dos dados. Desde a Dona Creusa, que admirava minha coragem, os pais da Danny e os pais da Lê sempre tão hospitaleiros que me forneceram estadia em seus sítios, a professora Claudinha sempre tão solícita e preocupada, até as ajudas em campo da querida Danny que aprendeu um monte sobre os sapinhos, a Ana Paula que mesmo com toda a correria da própria dissertação, se dispôs a ir para o campo comigo e ainda me indicou mais um ponto de coleta, ao Gaúcho que me acompanhou a e adorou as coletas, ao Igor que também me ajudou em campo, a Naty que além de me mostrar um ótimo ponto de coleta me ajudou o quanto pode, e a disponibilidade do Fabrício Oda. A Jasci e a Bárbara que não se importaram em ter sacos com sapo andando pelo apartamento, e nem com as madrugadas após as coletas em que eu chegava em casa. Eu sempre vou carregar um carinho imenso por vocês. Muita gente até hoje não entende o que eu faço e porque gravar sapos, mas estas pessoas deram valor na profissão que escolhi. Isto é extremamente gratificante.

À Aldenir e Jocemara pelo carinho em responder todas as dúvidas sobre nota fiscal e sobre o curso independente do horário e das correrias.

A Salete e o João sempre tão prestativos em ajudar na parte bibliográfica do trabalho.

Aos professores Fausto Nomura e Luiz Carlos Gomes que disponibilizaram tempo para sanar minhas cruéis dúvidas em estatística.

A CAPES pelo apoio financeiro durante as coletas, associado ao Programa de Excelência Proex, ao CNPq pela bolsa de mestrado. Ao ICMBio pela licença de coleta e transporte.

Frogs feel physical joy and express it in song

(Mary C. Dickerson, 1906)

## **Vocalizações de *Physalaemus cuvieri* (ANURA, LEIUPERIDAE) ao longo do gradiente espacial no sul do Brasil**

### **RESUMO**

Estudos sobre evolução sexual, associados a questões comportamentais estão vinculados a trabalhos de bioacústica em anfíbios anuros, por serem animais que utilizam as vocalizações para reprodução e interações sociais no coro. Em anuros, avanços em bioacústica tentam desvendar os contextos sociais nos quais as vocalizações são emitidas, influências do ambiente em que vivem, outros indivíduos no coro e dos caracteres morfológicos nos cantos, bem como avaliam a transmissão do sinal emitido a longas distâncias. Ainda que estes trabalhos tenham iniciado a tempo, são escassas as informações para o grupo, principalmente na região neotropical, uma zona de alta diversidade de anfíbios anuros. Na primeira abordagem deste estudo foi avaliado o contexto social no qual as vocalizações de *Physalaemus cuvieri* foram emitidas, bem como influências de caracteres abióticos, morfológicas e distância entre machos nos parâmetros acústicos. Observou-se que o canto de anúncio foi emitido por todos os indivíduos com a função de delimitação territorial e atração de fêmeas, enquanto que o canto de corte foi emitido por poucos indivíduos quando a fêmea encontrava-se a menos de 20 cm do macho vocalizante. Os parâmetros acústicos foram influenciados por características ambientais, morfológicas e sociais, gerando informações úteis para a evolução do sistema de seleção sexual e interações agressivas. Também foi testado a influência das características ambientais sobre os parâmetros acústicos emitidos a longas distâncias. Os resultados mostram evidências de que ocorrem degradações e atenuações do canto de anúncio em *Physalaemus cuvieri* e que elas são influenciadas pelas características ambientais, e não morfológicas. Todavia são necessárias caracterizações mais robustas de microhabitats, devido ao reduzido tamanho dos anuros, para obtenção de resultados ainda mais evidentes. Outros parâmetros também, podem se associar a evolução dos sinais a longas distâncias como características fisiológicas, filogenéticas, parasitas, predadores e contexto social. Em suma, os resultados contribuíram não só para um maior conhecimento a respeito da biologia da espécie, mas também para gerar dados ainda pouco conhecidos e que geram subsídios para futuros estudos comparativos e evolução dos sistemas de comunicação em anfíbios anuros.

**Palavras-chave:** Bioacústica. Repertório vocal. Alteração vocal. Transmissão do sinal. Seleção ambiental.

## **Vocalizations of *Physalaemus cuvieri* (Anura, Leiuperidae) along the spatial gradient in southern Brazil**

### ***ABSTRACT***

Studies on sexual evolution, associated with behavioral issues are bound to work in anuran bioacoustics because they are animals that use vocalizations for reproduction and social interactions in choruses. In anurans, advances in bioacoustics try to associate social contexts in which vocalizations are emitted, influences of environment in which they live, other individuals in choruses and morphological characters on vocalizations, as well as evaluate the transmission of the signal emitted over long distances. Although these works started a long time ago, there is little information for the group, mainly in the Neotropical region, an area of high diversity of amphibians. The first approach of this study assessed the social context in which vocalizations of *Physalaemus cuvieri* were emitted, as well as influences of abiotic, morphological characters and distance between males on acoustic parameters. We observed that advertisement calls were emitted to territorial delimitation and attract females in all males, while courtship calls were emitted in a few individuals when females were distant less than 20 cm of males. Acoustic parameters were influenced by environmental, morphological and social characteristics, generating useful information for system evolution of sexual selection and aggressive interactions. We test too influence of environmental characteristics on acoustic parameters over long distances. Results show evidence that degradation and attenuation occur in advertisement call of *Physalaemus cuvieri* and they are influenced by environmental, not morphological characteristics. More robust characterizations of microhabitats is necessary to obtain results more evident, due to small size of frogs. Other parameters can also be associated with the evolution of signals over long distances as physiological and phylogenetic characteristics, parasites, predators and social context. In short, results not only contributed to greater knowledge about the biology of the species, but also to generate data still little known and generate insights for future comparative studies and the evolution of communication systems in anurans.

**Keywords:** Bioacoustics. Vocal repertoire. Vocal alteration. Signal transmission. Environmental selection.



Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica Herpetological Journal. Disponível em: <[http://www.thebhs.org/pubs\\_journal.html](http://www.thebhs.org/pubs_journal.html)> e, Herpetologica. Disponível em: <[http://www.hljournals.org/page/author\\_instructions](http://www.hljournals.org/page/author_instructions)>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>REPERTÓRIO VOCAL E INTERAÇÕES ACÚSTICAS EM <i>PHYSALAEMUS CUVIERI</i> (ANURA, LEIUPERIDAE) NO SUL DO BRASIL .....</b>	<b>14</b>
2.1	INTRODUÇÃO .....	15
2.2	MÉTODOS .....	16
2.3	RESULTADOS .....	20
2.4	DISCUSSÃO.....	28
	REFERÊNCIAS .....	32
<b>3</b>	<b>A INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS NA PROPAGAÇÃO DO CANTO DE ANÚNCIO DE <i>PHYSALAEMUS CUVIERI</i> (ANURA, LEIUPERIDAE) AO LONGO DO GRADIENTE ESPACIAL NO SUL DO BRASIL.....</b>	<b>43</b>
3.1	INTRODUÇÃO .....	42
3.2	MÉTODOS .....	44
3.3	RESULTADOS .....	47
3.4	DISCUSSÃO.....	53
	REFERÊNCIAS .....	56
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>61</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Comunicação animal consiste na transmissão de um sinal de um indivíduo para outro (Slater, 1983), sendo de grande interesse no estudo da ecologia comportamental. Em anfíbios anuros, a comunicação acústica é uma das mais bem evidenciadas e estudada (Haddad, 1995), importante para estudos de comportamento social e estratégias reprodutivas destes animais (Salthe & Mechan, 1974; Reichert, 2010) (ex. Costa et al., 2010; Morais et al., 2012; Lemes et al., 2012). Estudos de bioacústica em anuros ainda estão em fase de ascensão, principalmente na região Neotropical, que apresenta grande diversidade de espécies (De La Riva et al., 1996 a,b).

As vocalizações emitidas por anuros desempenham um papel fundamental na delimitação territorial (Ryan, 2001; Costa et al., 2010; Reichert, 2010), atração de fêmeas (Roesli & Reyer, 2000; Taylor et al., 2007), reconhecimento específico (Cocroft & Ryan, 1995; Haddad, 1995; Martins & Jim, 2003) e conseqüentemente, o isolamento reprodutivo (Wells, 1977a; Haddad, 1995). O canto de anúncio, proposto por Wells (1977b) é a vocalização mais emitida e de longo alcance. Outras vocalizações menos comuns também podem ser encontradas, como canto territorial (e.g. Lemes et al., 2012), de encontro (e.g. Scroggie & Littlejohn, 2005) e de corte (ex. Lingnau & Bastos, 2007). Variações no canto podem ocorrer devido a características ambientais (ex. Bastos & Haddad, 1995; Lingnau & Bastos, 2007), morfológicos dos machos (ex. Guimarães & Bastos, 2003; Silva et al., 2008) e/ou devido ao contexto social dos indivíduos no coro (Wells, 1988; Bastos et al., 2011).

A evolução dos parâmetros acústicos é influenciada por pressões seletivas, dentre elas a seleção sexual, predadores e parasitas, características fisiológicas, morfológicas, de micro habitat e filogenéticas (Forrest, 1994). Pela hipótese de seleção ambiental, as características acústicas espectrais e temporais podem ser moldadas para garantir sua maior eficiência em habitat estruturalmente diferenciados (Forrest, 1994). Assim, a transmissão do som a longas distâncias pode apresentar parâmetros do canto que variam devido ao microclima e estrutura da vegetação local (Slabekoorn et al. 2002), ou ainda não se associam a caracterização do microhabitat, sendo consideradas ambientalmente neutras (Slabekoorn & Smith, 2002). Todavia, em anfíbios anuros, o papel do ambiente na evolução das vocalizações de longas distâncias ainda não é claro, e é pouco explorado (Penna & Sólis, 1998; Castellano et al., 2003).

O estudo apresentou duas abordagens, cada um contendo um manuscrito científico desenvolvido em nove corpos d'água no noroeste do estado do Paraná. Investiga-se dois tipos de vocalização de *Physalaemus cuvieri* que compõem o repertório vocal da espécie, a fim de

evidenciar diferenças entre o canto de anúncio e de corte dos machos e o contexto social que são emitidos, bem como avaliar influências das características abióticas, morfológicas dos machos e contexto social sobre as variáveis acústicas analisadas. Testa-se também, para anfíbios, a relação das características do micro hábitat dos machos e morfológicas com a transmissão do som a longas distâncias.

## REFERÊNCIAS

- BASTOS, R.P. & HADDAD, C.F.B. Vocalizações e interações acústicas em *Hyla elegans* (Anura, Hylidae) durante a atividade reprodutiva. **Naturalia**, v. 20, p. 165-176, 1995.
- BASTOS, R.P. et al. Vocal behavior and conspecific call response in *Scinax centralis*. **Herpetological Journal**, v. 21, p. 43–50, 2011.
- CASTELLANO, S. et al. Call degradation in diploid and tetraploid green toads. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 78, n. 1, p. 11-26, 2003.
- COCROFT, R.B. & RYAN, M.J. Patterns of advertisement call evolution in froglets, *Geocrinia laevis* complex (Anura: Myobatrachidae). **Animal Behaviour**, v. 49, n. 2, p. 283-303, 1995.
- COSTA, T. B. et al. Territorial and mating behavior in *Phyllomedusa azurea* (Anura: Hylidae) at a temporary pond in west-central Brazil. 2010. **Phyllomedusa**, v. 9, n.2, p. 99-108, 2010.
- DE LA RIVA, I. et al. The advertisement calls of three South American poison frogs (Amphibia: Anura: Dendrobatidae), with comments on their taxonomy and distribution. **Journal of Natural History**, v. 30, p. 1413-1420, 1996a.
- DE LA RIVA, et al. Advertisement calls of microhylid frogs from Bolívia (amphibia, Anura). **American Midland Naturalist**, v. 136, p. 418-422. 1996b.
- FORREST, T. G. From sender to receiver: Propagation and environmental effects on acoustic signals. **American Zoologist**, v. 34, n. 6, p. 644-654, 1994.
- GUIMARÃES, L.D. & BASTOS, R.P. Vocalizações e interações acústicas em *Hyla raniceps* (Anura, Hylidae) durante a atividade reprodutiva. **Iheringia Série Zoológica**, v.93, n.2, p. 149-158, 2003.
- HADDAD, C.F.B. Comunicação em anuros (Amphibia). **Anais de etologia**, v. 13, p.116-132, 1995.
- LEMES, P. et al. Acoustic repertoire of *Barycholos ternetzi* (Anura: Strabomantidae) in central Brazil. **South American Journal of Herpetology**, v. 7, n.2, p. 157-164, 2012.

- LINGNAU, R. & BASTOS, R.P. Vocalizations of the Brazilian torrent frog *Hylodes heyeri* (Anura: Hylodidae): Repertoire and influence of air temperature on advertisement call variation. **Journal of Natural History**, v. 41, n. 17–20, p. 1227–1235, 2007.
- MARTINS, I.A. & JIM, J. Bioacoustic analysis of advertisement call in *Hyla nana* and *Hyla sanborni* (anura, hylidae) in botucatu, são paulo, brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 63, n. 3, p. 507-516, 2003.
- MORAIS, A. R. et al. Acoustic communication in a neotropical frog (*Dendropsophus minutus*): vocal repertoire, variability, and individual discrimination. **Herpetological Journal**, v. 22, n. 4, p. 249-257, 2012.
- PENNA, M. & SOLIS, R. Frog call intensities and sound propagation in the South American temperate forest region. **Behaviour, Ecology and Sociobiology**, v. 42, n. 6, p. 371–381, 1998.
- REICHERT, M.S. Aggressive thresholds in *Dendropsophus ebraccatus*: habituation and sensitization to different call types. **Behaviour, Ecology and Sociobiology**, v.64, n. 4, p. 529–539, 2010.
- ROESLI, M. & REYER, H.U. Male vocalization and female choice in the hybridogenetic *Rana lessonae/Rana esculenta* complex. **Animal Behaviour**, v. 60, n.6, p. 745–755, 2000.
- RYAN, M. J. **Anuran Communication**. Washington DC: Smithsonian Institution Press, 2001. 252 p.
- SALTHER, S.N. & MECHAN, J.S. Reproductive and courtship patterns. In Lofts, B. (ed.). **Physiology of the Amphibia**, pp.309-521. Academic Press, New York. 1974.
- SCROGGIE, M.P.; LITTLEJOHN, M.J. Territorial vocal behavior in hybrid smooth froglets, *Geocrinia laevis* complex (Anura: Myobatrachidae). **Behavioral Ecology Sociobiology**, v. 58, n. 1, p. 72–79, 2005.
- SILVA, R.A. et al. Bioacústica e sítio de vocalização em taxocenoses de anuros de área aberta no noroeste paulista. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 3, p. 124-134, 2008.
- SLABBEKOORN, H. & SMITH, T.B. Habitat-dependent song divergence in the little greenbul: an analysis of environmental selection pressures on acoustic signals. **Evolution**, v. 56, n. 9, p. 1849–1858, 2002.
- SLABBEKOORN, H. et al. Bird song and sound transmission: the benefits of reverberations. **The Condor**, v. 104, n. 3, p. 564–573, 2002.
- SLATER, P.J.B. The study of communication. In: Halliday, T.R. & P.J.B.

Slater (eds.). **Animal Behaviour, 2 communication**, pp. 9-42. W. H. Freeman and Company, New York. 1983.

TAYLOR, R.C. et al. Sexual selection in the squirrel treefrog *Hyla squirella*: the role of multimodal cue assessment in female choice. **Animal Behaviour**, v. 74, n. 6, p. 1753-1763, 2007.

Wells, K.D. The social behavior of anurans amphibians. **Animal behavior**, n. 25, p 666-693. 1977a.

Wells, K.D. The courtship of frogs. In: Taylor, D.H. & S.I. Guttman (eds.). **The reproductive biology of amphibians**, pp. 233-262. Plenum Press, New York. 1977b.

WELLS, K.D. 1988. The effect of social interactions on anuran vocal behaviour. In: Frittsch, B.; Ryan, M.J.; Wilczynski, W. Hetherington, T.E. & W. Walkowiak (eds.). **The evolution of the amphibian auditory system**, pp. 433-454. John Wiley and Sons, New York.

## **2 REPERTÓRIO VOCAL E INTERAÇÕES ACÚSTICAS EM *PHYSALAEMUS CUVIERI* (ANURA, LEIUPERIDAE) NO SUL DO BRASIL**

**RESUMO:** Em anfíbios anuros, o mais conspícuo mecanismo de comunicação ocorre com o uso de sinais acústicos no sítio reprodutivo. Os parâmetros acústicos podem variar devido a características ambientais, tamanho corporal e o contexto social. Investigou-se a influência da temperatura do ar, água, umidade relativa, características morfológicas e distância entre machos nos parâmetros acústicos de *Physalaemus cuvieri*. Adicionalmente, foram comparadas as vocalizações de anúncio e de corte registradas para a espécie. As observações de campo ocorreram entre os meses de setembro de 2012 e março de 2013, em nove corpos d'água no noroeste do estado do Paraná, sul do Brasil. Machos de *Physalaemus cuvieri* emitiram cantos de anúncio e de corte em diferentes contextos sociais, e todos os parâmetros acústicos foram diferentes entre os cantos, com exceção da frequência dominante. Observou-se influência negativa da temperatura do ar na duração do canto; positiva da umidade relativa do ar na intensidade e frequência dominante; e negativa do comprimento-rostro-cloacal na frequência mínima. A distância entre indivíduos foi negativamente correlacionada com duração do canto, frequência máxima, amplitude de frequência e positivamente com a frequência dominante. As alterações dos parâmetros acústicos em função das características ambientais, morfológicas e sociais são importantes para se ampliar as informações sobre a evolução do sistema de seleção sexual e interações agressivas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Vocalizações, interações agressivas, canto de anúncio, canto de corte

**ABSTRACT:** In amphibians, the most conspicuous communication mechanism occurs with acoustic signals in breeding sites. Acoustic parameters can be influenced by environmental characteristics, body size and social context. In the present study, we investigated the influence of air temperature, water, humidity, and morphological distance between males in acoustic parameters of *Physalaemus cuvieri*. Additionally, we compared advertisement calls and courtship calls recorded for the species. Field observations were carried out between September 2012 and March 2013, in nine water bodies in the northwestern state of Paraná, southern Brazil. Males of *P. cuvieri* emitted advertisement and courtship calls in different social contexts, and all acoustic parameters were different between different calls, except for the dominant frequency. We observed negative influence of air temperature on call duration; positive influence of relative humidity on intensity and dominant frequency; and negative influence of length-snout-vent on minimum frequency. Distances between individuals were

negative correlated with call duration, maximum frequency, frequency range and positive correlated with dominant frequency. Changes of acoustic parameters as a function of environmental, morphological and social characteristics are important to expand information about system evolution of sexual selection and aggressive interactions.

**KEY-WORDS:** Vocalizations, aggressive interactions, advertisement call, courtship call.

## 2.1 INTRODUÇÃO

Em anfíbios anuros, o mais conspícuo mecanismo de comunicação ocorre com o uso de sinais acústicos no sítio reprodutivo (Haddad, 1995; Gerhardt & Huber, 2002; Wells, 2007). Estudos bioacústicos, ainda que escassos, incluem várias áreas de conhecimento tais como ecologia, evolução e comportamento animal (Ryan, 2001), sendo uma importante ferramenta para delimitação de espécies (Duellman & Trueb, 1994).

As vocalizações desempenham um papel fundamental em vários contextos sociais, tais como: delimitação territorial (Ryan, 2001; Costa et al., 2010; Reichert, 2010), atração de fêmeas (Roesli & Reyer, 2000; Taylor et al., 2007), manutenção do espaçamento entre machos (Morais et al., 2012; Bastos & Haddad, 2002), reconhecimento específico (Cocroft & Ryan, 1995; Haddad, 1995; Martins & Jim , 2003) e consequentemente isolamento reprodutivo (Littlejohn, 1977; Wells, 1977b; Haddad, 1995; Bourne & York, 2001). Para tais contextos, tipos diferentes de cantos representando determinado comportamento podem ser emitidos (Larson, 2004).

A vocalização de anúncio é a mais bem documentada em anuros (Bastos et al., 2011a; Larson, 2004), sendo estereotipada para a espécie e com função de atração de fêmeas coespecíficas e delimitação territorial (Haddad, 1995). Outras vocalizações podem ser registradas, como cantos de encontro (complexo *Geocrinia laevis*; Scroggie & Littlejohn, 2005), agonísticos (*Scinax ruber*; Bourne, 1992), territoriais (*Phyllomedusa azurea*; Costa et al., 2010; *Dendroposphus minutus*, Morais et al., 2012) e de corte (*Leptodactylus gr. marmoratus*; Kokubum & Giaretta, 2005).



Os sinais acústicos podem ser variáveis em algumas espécies devido a fatores abióticos como temperatura (Morais et al., 2012; Lingnau & Bastos, 2007; Guimarães & Bastos, 2003) e/ou fatores morfológicos, como tamanho corporal dos indivíduos (Morais et al. 2012; Briggs, 2010). Tais alterações dos sinais podem estar relacionadas também ao contexto social no qual o macho está inserido (Wells, 1988; Bastos et al., 2011b), neste caso são relevantes os fatores de tamanho do coro (Lemes et al., 2012) e distância entre os vizinhos coespecíficos (Morais et al., 2012).

*Physalaemus cuvieri* Fitzinger, 1826 é uma espécie de leiuperídio com atividade reprodutiva que se inicia no final de setembro e estende-se até março (Bastos et al., 2003). Seus ovos são depositados em ninhos de espuma sobre a água (Mijares et al., 2010; Bastos et al., 2003). Apesar de ser uma espécie com ampla distribuição na América do Sul (Frost, 2012) e bastante adaptável às alterações ambientais (Mijares et al., 2010; Bastos et al., 2003), há pouca informação sobre o repertório acústico da espécie. Apenas o canto de anúncio foi descrito por Barrio (1965) e Heyer et al. (1990), porém Barreto & Andrade (1995) registraram o canto de corte na espécie. Desta maneira investigaram-se os dois tipos de vocalização que compreende o repertório vocal de *Physalaemus cuvieri* para responder as seguintes perguntas: i) a vocalização de anúncio se difere da vocalização de corte? ii) Os parâmetros acústicos do canto de anúncio variam entre as populações? iii) as características morfológicas, temperatura do ar, temperatura da água, umidade e distância entre machos influenciam os parâmetros acústicos do canto de anúncio?

## 2.2 MÉTODOS

As observações de campo foram realizadas entre Outubro de 2011 e Março de 2012 em nove corpos d'água localizados em áreas abertas, no noroeste do estado do Paraná, sul do Brasil (Tabela 1) (Fig. 2). As observações de campo foram realizadas das 19:00 h até 00:00 h.



Fig.1. Macho de *Physalaemus cuvieri* em corpo d'água temporário no noroeste do estado do Paraná, sul do Brasil.

Tabela 1. Municípios do noroeste do estado do Paraná (sul do Brasil) e coordenadas geográficas de cada ponto onde foram realizadas as gravações de machos de *Physalaemus cuvieri*.

Locais	Município	Coordenadas geográficas	n machos gravados	n anúncio	n corte
Ponto 1 (Fig. 2A)	Maringá	23° 20' 38,30" S 51° 52' 6" O	17	85	0
Ponto 2 (Fig. 2B)	Sussuí	23° 43' 7,88" S 52° 13' 34" O	13	65	5
Ponto 3 (Fig. 2C)	Sussuí	23° 43' 33,84" S 52° 13' 8" O	12	60	2
Ponto 4 (Fig. 2D)	Mandaguari	23° 23' 26,57" S 51° 42' 41" O	12	60	1
Ponto 5 (Fig. 2E)	Mandaguari	23° 33' 4,07" S 51° 42' 53" O	11	55	3
Ponto 6 (Fig. 2F)	Porto Rico	22° 46' 19,73" S 53° 15' 25" O	16	80	2
Ponto 7 (Fig. 2G)	Iguatemi	23° 21' 17,18" S 52° 4' 24" O	13	65	2
Ponto 8 (Fig. 2H)	Maringá	23° 16' 19,96" S 51° 49' 10" O	16	80	4
Ponto 9 (Fig. 2I)	Maringá	23° 21' 21" S 51° 54' 16" O	12	60	0



Fig. 2. Corpos d'água localizados no noroeste do estado do Paraná, sul do Brasil, onde foram gravados os machos de *Physalaemus cuvieri*: (A) Ponto 1, (B) Ponto 2, (C) Ponto 3, (D) Ponto 4, (E) Ponto 5, (F) Ponto 6, (G) Ponto 7, (H) Ponto 8 e (I) Ponto 9.

As vocalizações de 121 machos foram gravadas com gravador DAT SONY TCDD100 e microfone direcional YOGA HT-81 acoplado, posicionado a uma distância de 0,5m do indivíduo vocalizante. A fim de evitar pseudoreplicação, dos 121 machos 110 foram coletados imediatamente após as gravações. O nível de intensidade sonora (INT) foi medido em decibéis, para todos os machos, com um decibímetro digital Minipa (Tipo II; Tempo de ponderação=Fast; A-weighted) a uma distância de 0,5m. Após cada sessão de gravação, a temperatura do ar e umidade relativa foram medidas com termo-higrômetro digital, bem como a temperatura da água com termômetro digital com sensor interno e externo Digital-Thermo. Os indivíduos gravados tiveram o comprimento rostro-cloacal (CRC) medido com paquímetro digital (precisão 0,05mm) e a massa, com balança digital (precisão 0,01g).

Foram analisados de um a cinco cantos de anúncio e de corte para cada indivíduo, quando presentes. Em campo foi observado que o macho alterava sua vocalização de anúncio quando uma fêmea encontrava-se próxima e então se amplexava com a mesma. A vocalização emitida próxima a fêmea foi denominada canto de corte. As gravações foram editadas com frequência de entrada 22 kHz e resolução de 16 bits. A frequência foi obtida através do Fast Fourier Transformation (FFT, 1024 pontos). Para análises dos parâmetros duração do canto (DC), frequência mínima (FM), frequência máxima (FM), amplitude de frequência (AF), utilizou-se o programa Avisoft-SAS Lab Lite, e para análise do parâmetro espectral frequência dominante (FD) o programa Cool Edit 2000. Os oscilogramas, sonogramas e espectro de amplitude do canto foram feitos pelo programa SoundRuler. Os termos relativos à análise bioacústica estão de acordo com Gerhardt & Huber (2002). Os exemplares

testemunhos estão depositados na coleção Zoológica da Universidade Federal de Goiás (ZUFG).

Para testar a hipótese de que os parâmetros acústicos das vocalizações de anúncio e de corte de *Physalaemus cuvieri* são diferentes e que ocorrem diferenças das vocalizações de anúncio entre as populações amostradas, foi aplicado um teste de ANOVA one-way (Zar, 1999), no qual as características acústicas foram as variáveis dependentes. O teste não paramétrico de *Kruskall-Wallis* foi aplicado quando as variáveis acústicas não seguiram os pressupostos da análise.

Para testar a influência das características abióticas de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e temperatura da água (°C), características bióticas referente ao tamanho corporal (obtido pela multiplicação do CRC e massa corporal) e distância entre machos nos parâmetros acústicos dos cantos de anúncio, foram realizadas regressões múltiplas. Todas as análises estatísticas estão de acordo com Zar (1999) e foram feitas pelo programa Statistica (vers. 7.0, Statsoft; [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com)), utilizando nível de significância de  $P=0,05$ .

### 2.3 RESULTADOS

A distância média entre os machos vocalizando foi de  $3,24 \pm 2,74$  m (Amplitude = 0,05-15m, n= 111 machos). A média do CRC e a massa dos machos gravados foram  $29,17 \pm 1,57$  mm (Amplitude = 25,18 - 34,00 mm, n=110 machos) e  $2,09 \pm 0,37$ g (Amplitude=1,38 - 3 g, n=110 machos), respectivamente. A média da temperatura do ar, umidade e temperatura da água foram  $21,82 \pm 3,50$  °C (Amplitude 14,6 - 39,9 °C, n=122);  $63,99 \pm 26,79\%$  (Amplitude 21 - 98%, n=122);  $25,32 \pm 2,83$  °C (Amplitude= 18 - 34 °C, n=122) ao final das gravações realizadas, respectivamente.

Dos 629 cantos analisados de *Physalaemus cuvieri*, foram identificados o canto de anúncio (Fig. 3) e o canto de corte (Fig. 4) (Tabela 2). As duas vocalizações apresentam uma

nota bastante similar, mas com estruturas físicas distintas. O canto de anúncio foi a vocalização mais comum, emitida por todos os 121 indivíduos, durante toda noite. Apresenta modulação descendente de frequência. Segundo teste de ANOVA one way, o canto de anúncio apresenta duração do canto, frequência máxima e amplitude da frequência maior que o canto de corte, enquanto que a frequência mínima foi menor em relação ao canto de corte (Figs. A, B, C e D). A média da frequência dominante dos dois tipos de canto é semelhante (Tabela 2).

O canto de corte foi registrado por apenas 15 machos, e emitido quando a fêmea se encontrava a menos de 20 cm do macho vocalizante. Apresenta uma modulação de frequência descendente menor que a encontrada no canto de anúncio. Não foi possível obter o nível de pressão sonora do canto de corte devido a baixa frequência de emissão.

Dentre as variáveis acústicas analisadas apenas a frequência dominante do canto não apresentou diferenças significativas entre os tipos de vocalizações registradas ( $F_{(1,139)}=0,06$ ;  $P=0,80$ ) (Fig. 5E). Todas as demais variáveis, duração do canto ( $H_{(1,141)}=20,94$ ;  $P<0,01$ ), frequência mínima ( $F_{(1,139)}=238,38$ ;  $P<0,01$ ), frequência máxima ( $H_{(1,141)}=42,01$ ;  $P<0,01$ ) e amplitude de frequência ( $H_{(1,141)}=49,60$ ;  $P<0,01$ ) diferiram significativamente entre os dois tipos de vocalização registrados (Figs. A, B, C e D).

Os parâmetros duração do canto, estrutura do canto (harmônico ou pulsionado) e frequência dominante foram utilizados para distinguir o canto de anúncio de *P. cuvieri* com outras espécies do gênero encontrados no Brasil. A tabela 3 sumariza estes dados baseados em uma ampla bibliografia de cantos de anúncio para o gênero. Os dados são preferencialmente registrados em amplitude.

Tabela 2. Parâmetros acústicos das vocalizações de *Physalaemus cuvieri* no noroeste do estado do Paraná, sul do Brasil. Valores são expressos como médias  $\pm$  DP.

Parâmetros acústicos	Canto de anúncio (n=610)	Canto de corte (n=19)
Duração do canto (ms)	0,25 $\pm$ 0,03	0,19 $\pm$ 0,07
Frequência mínima (Hz)	282,94 $\pm$ 49,64	476,32 $\pm$ 57,85
Frequência máxima (Hz)	3582,41 $\pm$ 820,45	2306,84 $\pm$ 407,28
Amplitude de frequência (Hz)	3294,25 $\pm$ 832,77	1830,53 $\pm$ 415,91
Frequência dominante (Hz)	730,94 $\pm$ 135,41	739,18 $\pm$ 109,12
Nível de pressão sonora (dB)	69,10 $\pm$ 3,14	-

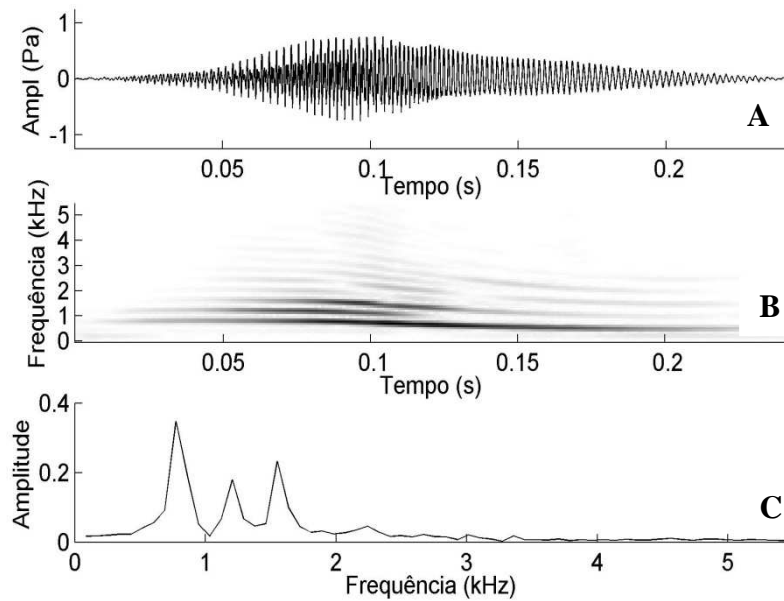


Fig. 3. (A) Oscilograma, (B) sonograma e (C) espectro de potência do canto de anúncio de *Physalaemus cuvieri*, noroeste do estado do Paraná, Brasil.

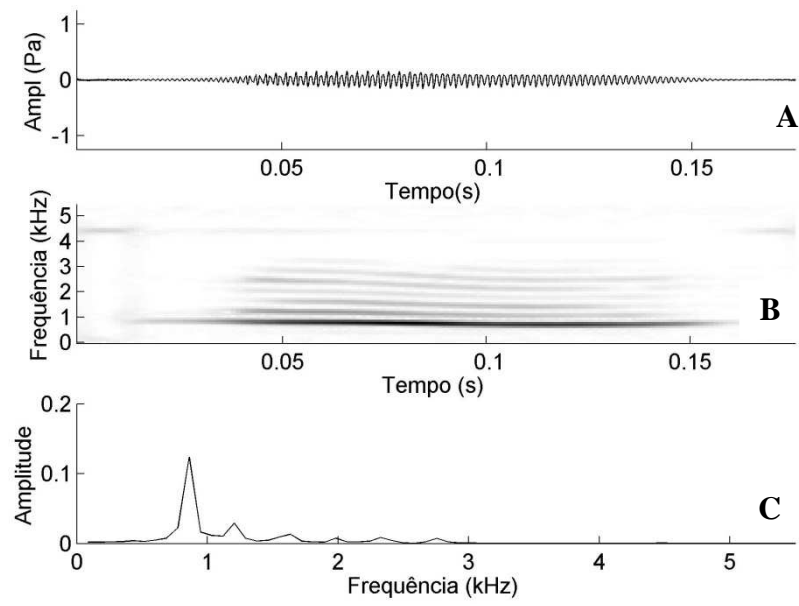


Fig. 4. (A) Oscilograma, (B) sonograma e (C) espectro de potência do canto de corte de *Physalaemus cuvieri*, noroeste do estado do Paraná, Brasil.



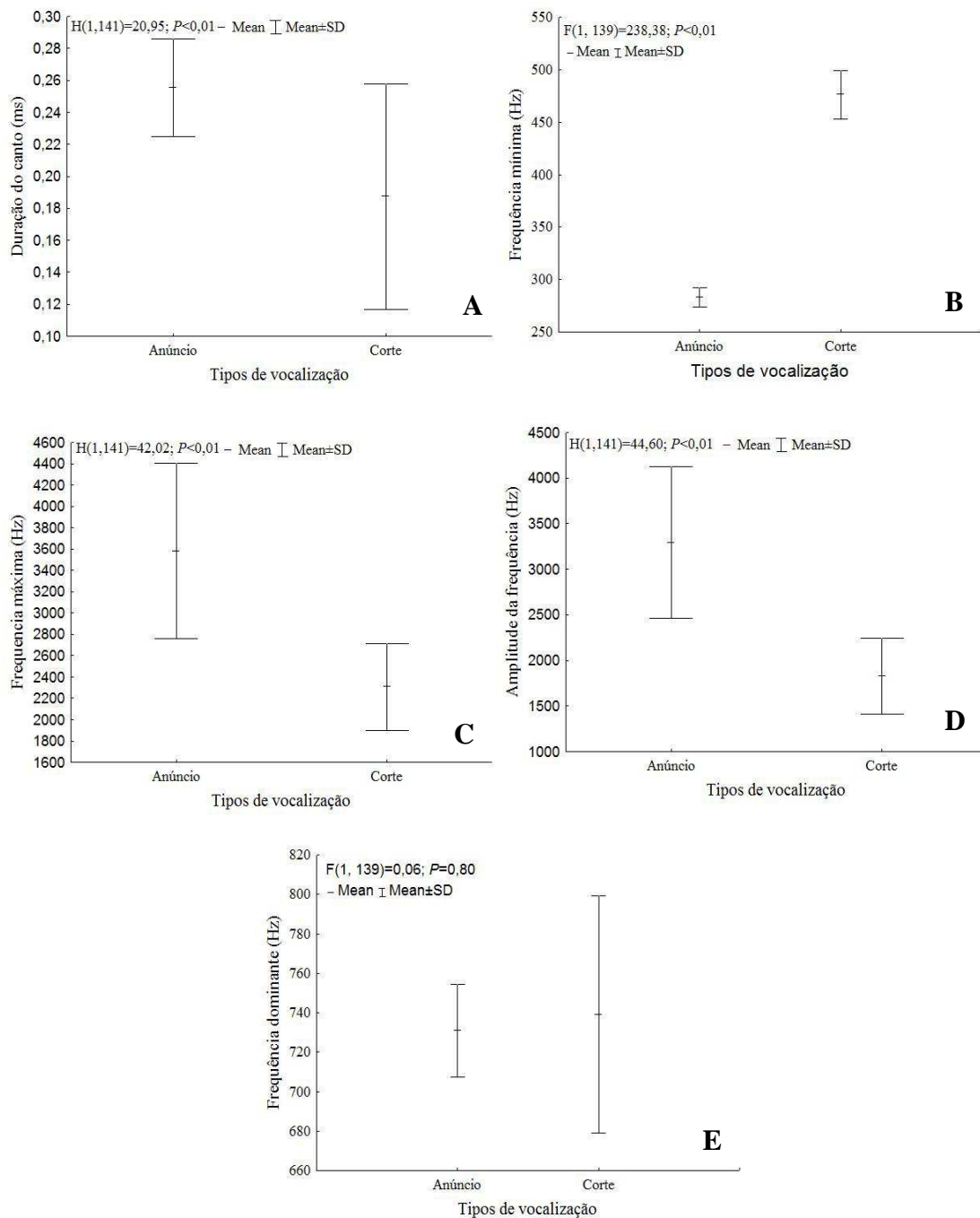


Fig. 5. Distribuição das médias e desvio padrão para os parâmetros acústicos dos cantos de anúncio e de corte de machos de *Physalaemus cuvieri* gravados no noroeste do estado do Paraná, sul do Brasil. A- Duração do canto, B-Frequência mínima, C-Frequência máxima, D-Amplitude da frequência e E-Frequência dominante.

Tabela 3. Parâmetros acústicos de espécies de *Physalaemus* registradas no Brasil. DC- Duração do canto (ms), FD - Frequência dominante (kHz), EC- Estrutura do canto: H- Harmônico, P=Pulsionado.

<i>Physalaemus</i>	DC	FD	EC	Referência
<i>P. aguirrei</i>	0,21-0,25	3,1	H	Pimenta & Cruz, 2004
<i>P. albifrons</i>	0,2	1,0-2,0	H	Bokermann, 1966a
<i>P. albonotatus</i>	1,4 -,15	2,1-4,0	H	Barrio, 1965
<i>P. angrensis</i>	0,52	1,12-2,11	P	Weber et al., 2005 a
<i>P. atlanticus</i>	1,11-1,47	0,91-1,43	?	Weber et al., 2005 a
<i>P. barrioi</i>	1,24	2,66-2,85	H	Provete et al., 2012
<i>P. biligonigerus</i>	0,7-1,0	?	H	Barrio, 1965
<i>P. bokkermani</i>	0,17-0,25	1,8-5,3	?	Thomé et al., 2007
<i>P. camacam</i>	0,38-0,87	0,66-1,69	P	Pimenta& Cruz, 2004
<i>P. crombiei</i>	0,37-0,41	1,06-1,45	P	Heyer & Wolf, 1989
<i>P. cuvieri</i>	0,17-0,32	0,47-1,25	H	Gambale, 2013
<i>P. ehippifer</i>	0,24-0,31	0,85-1,03	H	Bokermann, 1966a
<i>P. erycae</i>	0,56	0,34-4,8	H	Cruz & Pimenta, 2004
<i>P. erythros</i>	0,04-0,07	1,03-1,52	P	Baêta et al., 2007 a
<i>P. evangelistae</i>	1,0-1,2	2,0-4,0	H	Bokkerman, 1967
<i>P. feioi</i>	2,5-5,6	2,31-2,75	P	Cassini et al., 2010
<i>P. gracilis</i>	0,9-1,0	4,0-5,0	H	Barrio, 1965
<i>P. henselii</i>	1,37-2,11	3,7-5,97	P	Maneyro et al, 2008
<i>P. irroratus</i>	0,25-0,96	1,38-1,81	H	Cruz et al., 2007
<i>P. jordanensis</i>	1,4-1,6	?	H/P	Bokermann, 1967
<i>P. kroyeri</i>	0,7-0,9	?	H	Bokermann, 1966a
<i>P. lateristriga</i>	2,3-5,5	0,75-2,8	P	Cassini et al., 2010
<i>P. lisei</i>	0,71-2,14	1,27	H	Morais & Kwet, 2012
<i>P. maculiventris</i>	0,2-0,75	0,7-3,7	P	Heyer et al., 1990
<i>P. marmoratus</i>	1,06-1,1	0,27-0,61	H	Giaretta & Menin, 2004
<i>P. maximus</i>	1,09-2,31	0,69-1,81	H	Baêta et al., 2007b
<i>P. moreirae</i>	0,5-0,7	0,6-1,6	H/P	Heyer et al., 1990
<i>P. nanus</i>	0,16-0,19	1,81-1,88	H/P	Weber et al., 2005a
<i>P. obtectus</i>	0,05-0,10	1,1-1,5	H	Bokkerman, 1966
<i>P. olfersii</i>	2,6-5,1	1,38-2,59	P	Cassini et al., 2010
<i>P. orophilus</i>	3,1-5,2	3,0-3,39	P	Cassini et al., 2010
<i>P. riograndensis</i>	0,8-0,9	1,2-6,0	H	Barrio, 1965
<i>P. rupestris</i>	2,43-3,56	1,6-2,8	P	Nascimento et al., 2001
<i>P. signifer</i>	0,3	0,7-2,5	H	Bokkerman, 1966
<i>P. soaresi</i>	1,34-2,4	3,0	?	Weber et al., 2005b
<i>P. spiniger</i>	0,22-0,30	1,16-1,67	P	Weber et al., 2005a

A menor distância entre as populações observadas é de 3,80km entre os pontos 1 e 9, e a maior distância entre as populações encontra-se entre os pontos 6 e 4 que é 182km. As variáveis do canto de anúncio frequência máxima ( $H_{(8, 122)}=11,45$ ;  $P<0,18$ ), amplitude de frequência ( $H_{(8, 122)}=11,91$ ;  $P<0,15$ ), frequência dominante ( $H_{(8, 122)}=14,19$ ;  $P<0,08$ ) e intensidade ( $H_{(8, 122)}=7,37$ ;  $P<0,49$ ) não apresentaram diferenças significativas entre as nove populações amostradas (Figs. 6C, D, E e F). Todavia, ocorrem diferenças significativas para duração do canto ( $F_{(8,113)}=4,28$ ;  $P<0,01$ ) e frequência mínima ( $H_{(8, 122)}=33,94$ ;  $P<0,01$ ) em pelo menos uma das populações (Figs. 6A e B).

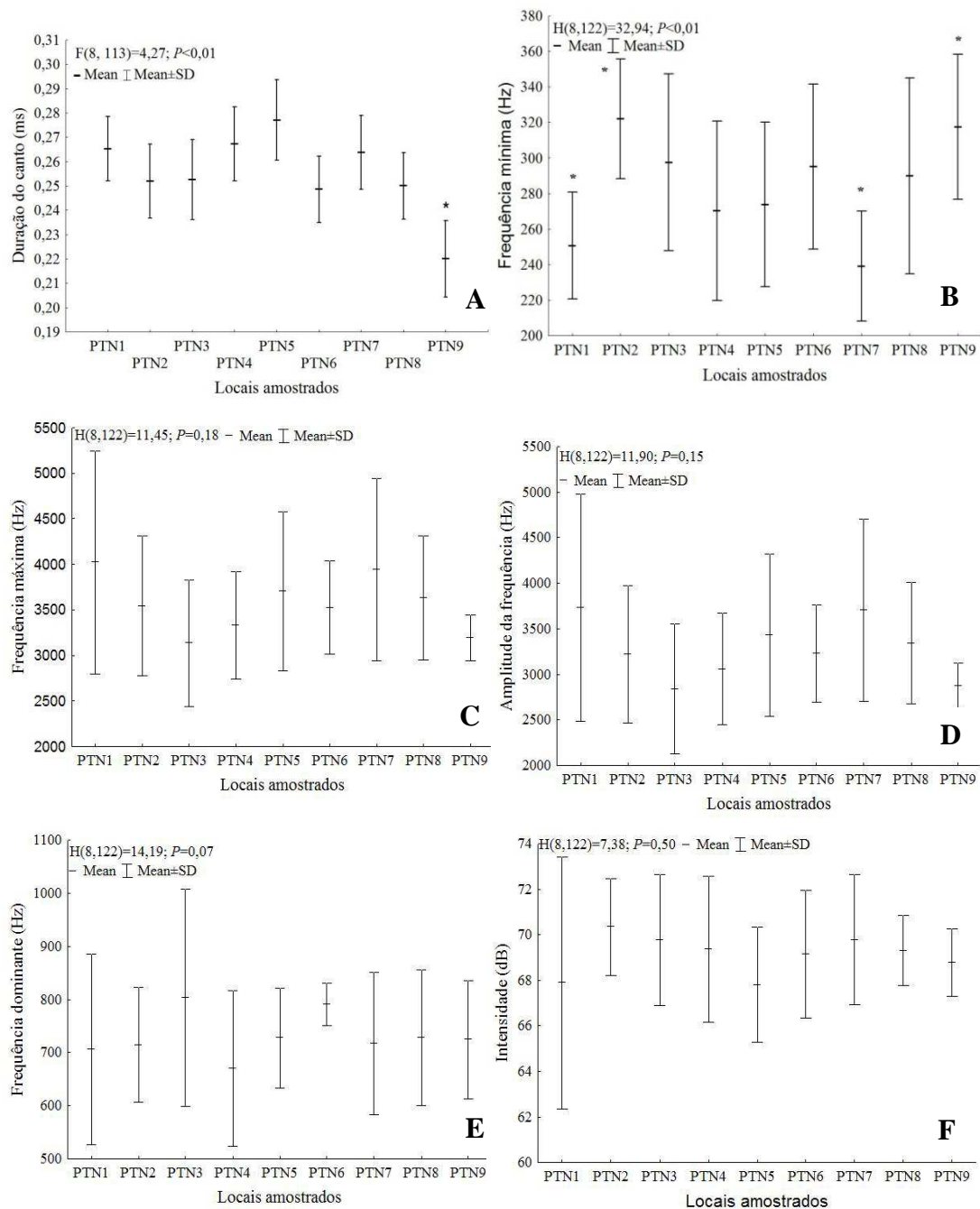


Fig. 6. Distribuição das médias e desvio padrão para os parâmetros acústicos dos cantos de anúncio de machos de *Physalaemus cuvieri* gravados em diferentes locais. A- Duração do canto, B-Frequência mínima, C-Frequência máxima, D-Amplitude da frequência, E-Frequência dominante e F-Intensidade. \* $P<0,05$ .

O parâmetro acústico frequência mínima não apresentou relações com os caracteres abióticos, enquanto que os demais parâmetros não se relacionaram ao tamanho corporal

(Tabela 4). Apesar da baixa explicação estatística, altos valores de umidades do ar foram correlacionados positivamente com a intensidade e frequência dominante, enquanto que a temperatura do ar apresentou correlações negativas com duração do canto. A frequência mínima do canto correlacionou-se negativamente com o tamanho corporal dos machos. A distância entre indivíduos, representado pelo contexto social, correlacionou-se negativamente com duração do canto, frequência máxima e amplitude de frequência, enquanto que relações positivas são registradas para frequência dominante (Tabela 4).

Tabela 4. Regressão múltipla entre tamanho do corpo, características abióticas, contexto social e parâmetros acústicos de *Physalaemus cuvieri* durante cada estação reprodutiva. Em negrito estão os valores significativos, para  $P < 0,05$ . DC-Duração do canto (ms); FMIN-Frequência mínima (Hz); FMAX-Frequência máxima (Hz); AF-Amplitude de frequência (Hz); FD-Frequência dominante (Hz); INT-Intensidade (dB); B contexto-Distância entre macho (m).

Parâmetros acústicos	B contexto	B temperatura do ar	B umidade do ar	B temperatura da água	B tamanho do corpo	$r^2_{aj.}$	$F$
DC	<b>&lt;-0,01</b>	<b>&lt;-0,01</b>	<-0,01	<0,01	<0,01	0,22	6,55
FMIN	1,72	1,20	0,33	-0,09	<b>-0,80</b>	0,04	1,85
FMAX	<b>-107,08</b>	-0,55	-3,88	-6,00	4,02	0,10	3,05
AF	<b>-105,40</b>	-1,94	-4,11	-8,15	4,90	0,09	2,97
FD	<b>8,52</b>	4,74	<b>1,07</b>	2,67	1,36	0,12	3,54
INT	-0,15	-0,05	<b>0,03</b>	0,08	<0,01	0,10	2,30

## 2.4 DISCUSSÃO

Assim como em outros anuros neotropicais, o repertório vocal é composto por diferentes tipos de canto emitidos em distintos contextos sociais (Guimarães & Bastos, 2003; Bastos et al., 2011b; Morais et al., 2012). Em *P. cuvieri* o canto de corte foi relatado por Barreto &

Andrade (1995), no entanto é descrito pela primeira vez nesta investigação, correspondendo a uma alteração da vocalização de anúncio quando a fêmea encontrava-se próxima ao macho que vocalizava. Segundo Wells (1977b, 1988), variações acústicas na presença de fêmea tem o intuito de tornar o macho mais evidente no coro.

Cantos de corte geralmente representam um aumento da duração do canto de anúncio: e.g., *Pseudacris crucifer* (Rosen & Lemon, 1974); *Hyla versicolor* (Klump & Gerhardt, 1987); *Aplastodiscus eugenioi* (Hartman et al., 2004); *Pseudacris illinoensis*, (Owen et al., 2006). Todavia machos de *P. cuvieri* responderam à presença de fêmeas com um encurtamento do canto de anúncio, bem como aumento da frequência mínima, diminuição da frequência máxima e amplitude de frequência. Tais características do canto podem aumentar o estímulo da fêmea para o acasalamento, e garantir a seleção de machos coespecíficos (Hartman et al., 2004).

O canto de anúncio foi a principal vocalização emitida pelos machos de *P. cuvieri* durante a estação reprodutiva, sendo importante no reconhecimento específico entre vizinhos (Narins & Feng, 2007), e na atração de fêmeas e delimitação territorial (Haddad, 1995). Apesar de alguns dos anuros neotropicais apresentarem vocalizações de anúncio complexas (e.g. Bastos et al., 2011a; Bastos et al., 2011b, Morais et al., 2012), a maioria das espécies pertencentes ao gênero *Physalaemus* no Brasil emitem notas repetidas similares (Pimenta & Cruz, 2004; Provete et al., 2012) assim como reportado para o canto de anúncio de *P. cuvieri*. O canto de anúncio do foi similar ao descrito por Barrio (1965), Heyer et al. (1990) e Silva et al. (2008) para a mesma espécie.

Informações de intensidade das vocalizações têm aplicações em níveis de *playback* nos estudos comportamentais (Gerhardt, 1975) e espaçamento de indivíduos no coro (Penna & Solis, 1998; Bastos et al., 2011b, Lemes et al, 2012). Os valores obtidos de intensidade do canto para *P. cuvieri* são inferiores aos registrados para outros anuros neotropicais gravados

nas mesmas distâncias (*Hypsiboas raniceps*; Guimarães & Bastos, 2003; *Scinax centralis*, Bastos et al., 2011b; *Dendropsophus minutus*, Morais et al., 2012). Tal padrão pode ter o intuito de reduzir interferências acústicas no coro (Duellman & Trueb, 1994).

O canto de anúncio de *P. cuvieri* foi inicialmente descrito como harmônico (Barrio, 18965; Heyer et al., 1990; Silva et al., 2008), também reportado, segundo definição de harmônicos proposta por Martins & Jim (2003). A maioria dos cantos das espécies pertencentes ao grupo *Physalaemus cuvieri* são harmônicos (Pimenta & Cruz, 2004; Provete et al., 2011). Todavia, evidencia-se uma necessidade de reavaliação sobre cantos harmônicos, devido a existência de falsos harmônicos em cantos de anuros, que podem impossibilitar futuras comparações entre trabalhos de bioacústica (Obs. pess.).

A pequena distância entre os pontos amostrados não permite inferências estatísticas robustas sobre a diferenciação das populações. Assim, devido a maior uniformidade dos parâmetros acústicos entre as populações analisadas, os indivíduos puderam ser considerados juntos nas análises estatísticas.

Observou-se que algumas das características acústicas foram correlacionadas com a temperatura do ar, umidade relativa do ar e tamanho corporal dos indivíduos. Todavia, pode não haver relações das características ambientais e morfológicas com as variáveis acústicas (e.g, Lingnau & Bastos, 2007; Guimarães & Bastos, 2003), assim como também evidenciado no trabalho.

O estudo corrobora Bastos et al. (2011b), que não registraram a influência dos caracteres morfológicos sobre as características temporais do canto de anúncio. No entanto, tamanho corporal foi negativamente correlacionado com a frequência mínima do canto de anúncio, indicando que machos maiores emitem cantos mais graves. Em geral tal correlação é reportada para o parâmetro espectral frequência dominante do canto (e.g, Guimarães & Bastos, 2003; Castellano et al., 2002; Silva et al., 2008; Briggs, 2010; Morais et al., 2012).

Neste caso, a frequência mínima pode ser utilizada como indicador de qualidade de machos em *P. cuvieri* (Smith & Roberts, 2003; Byrne, 2008; Richardson et al., 2008), a fim de diminuir combates físicos entre indivíduos (Briggs, 2010; Bastos et al., 2011b). Isto demonstra que outros caracteres do canto, que muitas vezes não são analisados em análises bioacústicas, podem também contribuir na seleção sexual e interações agressivas nos anuros.

Influência da temperatura nos parâmetros acústicos tem sido documentada devido às condições ectotérmicas dos anuros (Wells, 2007). Segundo Wells (2007), o aumento da temperatura promove um aumento do metabolismo individual e, para garantir constância do gasto energético, relações negativas da temperatura do ar com parâmetros acústicos podem ser evidenciados (e.g. Lingnau & Bastos, 2007; Rodríguez et al., 2010; Morais et al., 2012).

Embora características abióticas influenciem mais parâmetros temporais do que espectrais do canto (Guimarães & Bastos, 2003), observaram-se influência positiva da umidade relativa do ar nos parâmetros frequência dominante e intensidade. Poucos registros têm documentado o efeito dos caracteres abióticos em propriedades espectrais do canto de anuros (Wagner, 1989; Castellano et al., 2002; Larson, 2004). A influência de outras variáveis sobre a intensidade e caracteres espectrais do canto pode camuflar o efeito do tamanho do corpo sobre tais características acústicas (Lingnau & Bastos, 2007).

O comportamento acústico de *P. cuvieri* é influenciado pelo contexto social no qual os indivíduos estão inseridos, padrão reportado em outros anuros neotropicais (e.g. Bastos & Haddad, 2002; Bastos et al., 2011b; Morais et al., 2012; Lemes et al., 2012). Alguns anuros emitem vocalizações territoriais (e.g. Wagner, 1989), ou aumentam a complexidade do canto de anúncio quando machos coespecíficos estão próximos (e.g. Wells, 1988; Morais et al., 2012). Para *P. cuvieri*, o espaçamento entre machos é mantido por alterações das estruturas físicas do canto de anúncio, como aumento da duração do canto, frequência máxima, amplitude de frequência e diminuição da frequência dominante. Bastos & Haddad (2002),



Bastos et al. (2011b) e Morais et al. (2012) registraram aumentos da taxa de repetição do canto quando machos coespecíficos encontravam-se mais próximos do vocalizante. Alterações no comportamento acústico para a manutenção do espaçamento entre machos visam diminuir encontros agonísticos entre os indivíduos, e assim reservar maior energia para a reprodução (Briggs, 2010; Bastos et al., 2011b). A vocalização em antifonia nos machos de *P. cuvieri*, comportamento registrado inicialmente por Barreto & Andrade (1995), também pode relacionar-se ao espaçamento entre machos, uma vez que reduz interferências acústicas entre indivíduos (Passmore & Telford, 1981; Wogel et al., 2002). Tal comportamento acústico também foi registrado para *P. signifer* (Wogel et al., 2002).

O estudo é o primeiro a descrever o repertório vocal de *Physalaemus cuvieri*, emitido em contextos sociais distintos, bem como evidenciar as diferenças entre os tipos de vocalizações emitidas. Análises de novas características acústicas são importantes para se ampliar as informações sobre a evolução do sistema de seleção sexual e interações agressivas. Neste estudo verificou-se que as características ambientais e/ou morfológicas, bem como o contexto social dos indivíduos influenciam as alterações individuais dos parâmetros acústicos.

## REFERÊNCIAS

- Baêta, D., Lourenço, A. C. C. & Nascimento, L. B. (2007a). Tadpole and advertisement call of *Physalaemus erythros* Caramaschi, Feio and Guimarães-Neto, 2003 (Amphibia, Anura, Leiuperidae). *Zootaxa* 1623, 39–46.
- Baêta, D., Lourenço, A. C. C., Pezzuti, T. L. & Pires, M. R. S. (2007b). The tadpole, advertisement call, and geographic distribution of *Physalaemus maximus* Feio, Pombal and Caramaschi, 1999 (Amphibia, Anura, Leiuperidae). *Arquivos do Museu Nacional* 65, 27–32.
- Barreto, L. & Andrade, G.V. (1995). Aspects of reproductive biology of *Physalaemus cuvieri* (Anura, Leptodactylidae) in northeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia* 16, 67-76.

- Barrio, A. (1965). El género *Physalaemus* (Anura, Leptodactylidae) en la Argentina. *Physis* 70, 421-448.
- Bastos, R. P. & Haddad, C. F. B. (2002). Acoustic and aggressive interactions in *Scinax rizibilis* (Anura: Hylidae) during the reproductive activity in southeastern Brazil. *Amphibia – Reptilia* 23, 97–104.
- Bastos, R.P.; Motta, J.A.O.; Lima, L.P. & Guimarães, L.D. (2003). Anfíbios da Floresta Nacional de Silvânia, estado de Goiás. Goiânia. 29p.
- Bastos, R.P., Signorelli, L., Morais, A.R., Costa, T.B., Lima, L.P. & Pombal Jr., P. (2011a). Advertisement calls of three anuran species (Amphibia) from the Cerrado, central Brazil. *South American Journal of Herpetology* 6(2), 67-72.
- Bastos, R.P., Alcantara, M.B., Morais, A. R.; Lingnau, R., Lima, L.P., Pombal Jr., J.P. & Signorelli, L. (2011b). Vocal behaviour and conspecific call response in *Scinax centralis*. *Herpetological Journal* 21, 43–50.
- Bokermann, W.C.A. (1966a): Dos nuevas especies de *Physalaemus* de Espírito Santo, Brasil. *Physis* 26, 193-202.
- Bokermann, W.C.A. (1966b): Notas sobre três espécies de *Physalaemus* de Maracás, Bahia (Amphibia, Leptodactylidae). *Revista Brasileira de Biologia* 26, 253-259.
- Bokermann, W.C.A. (1967): Três novas espécies de *Physalaemus* do sudeste brasileiro (Amphibia, Leptodactylidae). *Revista Brasileira de Biologia* 27, 135-143.
- Bourne, G. R (1992). Lekking behavior in the neotropical frog *Oloolygon rubra*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 31, 173–180.
- Bourne, G. R. & York, H. (2001). Vocal behaviors are related to nonrandom structure of anuran breeding assemblages in Guyana. *Ethology, Ecology and Evolution* 13, 313–329.
- Briggs, V. S. (2010). Call trait variation in morelett's treefrog, *Agalychnis moreletii*, of Belize. *Herpetologica* 66, 241-249.

- Byrne, P.G. (2008). Strategic male calling behavior in an australian terrestrial toadlet (*Pseudophryne bibronii*). *Copeia* 2008, 57-63.
- Cassini, C. S., Cruz, C. A. G. & Caramaschi, U. (2010). Taxonomic review of *Physalaemus olfersii* (Lichtenstein & Martens, 1856) with revalidation of *Physalaemus lateristriga* (Steindachner, 1864) and description of two new related species (Anura: Leiuperidae). *Zootaxa* 2491, 1–33.
- 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.
- Cocroft, R.B. & Ryan, M.J. (1995). Patterns of advertisement call evolution in toads and chorus frogs. *Animal Behaviour* 49, 283-303.
- Costa, T.B., Guimarães, L.D. & Bastos, R.P. (2010). Comportamento territorial e de acasalamento de *Phyllomedusa azurea* (Anura, Hylidae) em uma lagoa temporária do centro-oeste do Brasil. *Phyllomedusa* 9, 99-108.
- Cruz, C.A.G. & Pimenta, B.V.S. (2004). A new species of *Physalaemus* Fitzinger, 1826 from southern Bahia, Brazil (Anura: Leptodactylidae). *Journal of Herpetology* 38, 480–486.
- Cruz, C.A.G., Nascimento, L.B. & Feio, R.N. (2007). A new species of the genus *Physalaemus* Fitzinger, 1826 (Anura, Leiuperidae) from southeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia* 28, 457-465.
- Duellman, W. E. & Trueb, L. (1994). Biology of amphibians. Baltimore: The John Hopkins University Press.
- Frost, D.R. (2012). Amphibian species of the world online reference. American Museum of National History. <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.php>. Acessado 15 outubro 2012.

- Gerhardt, H. C. (1975). Sound pressure levels and sound radiation patterns of the vocalizations of some North American frogs and toads. *Journal of Comparative Physiology* 102, 1–12.
- Gerhardt, H. C. & Huber, F. (2002). *Acoustic communication in insects and anurans: common problems and diverse solutions*. Gerhardt, H. C. & Huber, F. Chicago and London: University of Chicago Press.
- Giarretta, A. A. & Menin, M. (2004). Reproduction, phenology and mortality sources of a species of *Physalaemus* (Anura: Leptodactylidae). *Journal of Natural History* 38, 1711–1722.
- Guimarães, L. D. & Bastos, R. P. (2003). Vocalizações e interações acústicas em *Hyla raniceps* (Anura, Hylidae) durante a atividade reprodutiva. *Inheringia Série Zoológica*. 93,149-158.
- Haddad, C.F.B. (1995). Comunicação em anuros (Amphibia). *Anais de etologia Pirassununga-SP, Brasi* 13, 116-132.
- Hartmann, M.T., Hartmann, P.A. & Haddad, C.F.B. (2004). Visual signaling and reproductive biology in a nocturnal treefrog, genus *Hyla* (Anura: Hylidae). *Amphibia-Reptilia* 25, 395-40.
- Heyer, W.R., Rand, A.S., Cruz, C.A.G, Peixoto, O.L. & Nelson, C.E. (1990). Frogs of Boracéia. *Arquivos de Zoologia* 31, 231-410.
- Heyer, W. R. & Wolf, A. J. (1989). *Physalaemus crombiei* (Amphibia: Leptodactylidae), a new frog species from Espírito Santo, Brazil with comments on the *P. signifer* group. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 102, 500–506.
- Klump, G. M. & Gerhardt, H. C. (1987). Use of non-arbitrary acoustic criteria in mate choice by female gray tree frogs. *Nature* 326, 286–88.

- Kokubum, M.N.C & Giaretta, A.A. (2005). Reproductive ecology of species of *Adenomera* (Anura, Leptodactylinae) with endotropic tadpoles: implications for systematic. *Journal of Natural History*, 39: 1745-1758.
- Larson, K.A. (2004). Advertisement call complexity in northern leopard frogs, *Rana pipiens*. *Copeia* 2004: 676-682.
- Lemes, P., Tessarolo, G., Morais, A.R. & Bastos, R.P. (2012). Acoustic repertoire of *Barycholos ternetzi* (Anura: Strabomantidae) in central Brazil. *South American Journal of Herpetology* 7, 157-164.
- 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.
- Littlejohn, M. J. (1977). Long-range acoustic communication in anurans: an integrated and evolutionary approach. In *The Reproductive Biology of the Amphibians*, 263-294. Taylor, D. H. & Guttman, S. I. (Eds). New York: Plenum Press.
- Maneyro, R., Núñez, D., Borteiro, C., Tedros, M. & Kolenc, F. (2008). Advertisement call and female sexual cycle in Uruguayan populations of *Physalaemus henselii* (Anura, Leiuperidae). *Iheringia Sér. Zool.* 98, 210-214.
- Martins, I.A. & Jim, J. (2003). Bioacoustic analysis of advertisement call in *Hyla nana* and *Hyla sanborni* (anura, hylidae) in botucatu, São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 63, 507-516.
- Mijares, A., Rodrigues, M. T. & Baldo, D. (2010). *Physalaemus cuvieri*. In: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 08 January 2013

- Morais, A. R., Batista, V. G., Gambale, P. G., Signorelli, L. & Bastos, R. P. (2012). Acoustic communication in a neotropical frog (*Dendropsophus minutus*): vocal repertoire, variability, and individual discrimination. *Herpetological Journal* 22, 249-257.
- Morais, A.R. & Kwet, A. Description of the advertisement call of *Physalaemus lisei* (Anura: Leiuperidae). (2012). *Salamandra* 48, 227–229.
- Nascimento, J., Quinderé, Y. R. S. D., Recco Pimentel, S. M., Lima, J. R. F. & L. B. Lourenço. (2010). Heteromorphic Z and W sex chromosomes in *Physalaemus ephippifer* (Steindachner, 1864) (Anura, Leiuperidae). *Genetica* 138, 1127–1132.
- Narins, P.M. & Feng, A.S. (2007). Hearing and sound communication in amphibians: prologue and prognostication. In: *Hearing and sound communication in amphibians: handbook of auditory research*, 1-12. Narins P.M., Feng A.S., Fay R.R. & Popper, A.N. (eds.). New York: Springer-Verlag.
- Owen, P. C., Tucker, J. K. & Schaefer, S. A. (2006). Courtship calls and behavior in two species of chorus frogs, Genus *Pseudacris* (Anura: Hylidae). *Copeia* 2006, 137-144.
- Passmore, N. I. & Telford, S. R. (1981). The effect of chorus organization on mate localization in the painted reed frog (*Hyperolius marmoratus*). *Behaviour, Ecology and Sociobiology* 9, 291–93.
- Pimenta, B. V. S. & Cruz, C. A. G. (2004). The tadpole and advertisement call of *Physalaemus aguirrei* Bokermann, 1966 (Amphibia, Anura, Leptodactylidae). *Amphibia-Reptilia* 25,197–204.
- Provete, D.B., Garey, M. V., Toledo, L. F., Nascimento, J., Lourenço, L. B., Rossa-Feres, D. de C. & Haddad, C. F. B. (2012). Redescription of *Physalaemus barrioi* (Anura: Leiuperidae). *Copeia* 2012, 507-518.
- Penna, M. & Solís, R. (1998). Frog call intensities and sound propagation in the South American temperate forest region. *Behaviour Ecology and Sociobiology* 42, 371–381.

- Reichert, M.S. (2010). Aggressive thresholds in *Dendropsophus ebraccatus*: habituation and sensitization to different call types. *Behaviour, Ecology and Sociobiology* 64, 529–539.
- Richardson, C., Lena, J.P., Joly, P. & Lengagne, T. (2008). Are leaders good mates? A study of call timing and male quality in a chorus situation. *Animal Behaviour* 76, 1487–1495.
- Rodríguez, A., Nuez, D. & Alonso, R. (2010). Intraspecific variation in the advertisement call of the cloud-forest frog *Eleutherodactylus glamyrus* (Anura: Eleutherodactylidae). *Journal of Herpetology* 44, 457–466.
- Roesli, M. & Reyer, H.U. (2000). Male vocalization and female choice in the hybridogenetic *Rana lessonae/Rana esculenta* complex. *Animal Behaviour* 60, 745–755.
- Rosen, M. & Lemon, L. E. (1974). The vocal behavior of spring peepers, *Hyla crucifer*. *Copeia* 1974, 940–950.
- Ryan, M. J. (2001). Anuran communication. London: Smithsonian Institution Press.
- Scroggie, M.P. & Littlejohn, M.J. (2005). Territorial vocal behavior in hybrid smooth froglets, *Geocrinia laevis* complex (Anura: Myobatrachidae). *Behavioral, Ecology and Sociobiology* 58, 72–79.
- Silva, R.A., Martins, I.A. & Rossa-Feres, D.C. (2008). Bioacústica e sítio de vocalização em taxocenoses de anuros de área aberta no noroeste paulista. *Biota Neotropica* 8(3), 123–134.
- Smith, M.J. & Roberts, J.D. (2003). Call structure may affect male mating success in the quacking frog *Crinia georgiana* (Anura: Myobatrachidae). *Behaviour, Ecology and Sociobiology* 53, 221–226.
- Tárano, Z. (2001). Variation in male advertisement calls in the neotropical frog *Physalaemus enesefae*. *Copeia* 2001, 1064–1072.
- 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.

- Wagner, W. E., Jr. (1989). Graded aggressive calls in Blanchard's cricket frog: Vocal responses to opponent proximity and size. *Animal Behaviour* 38, 1025–1038.
- Weber, L. N., Carvalho-e-Silva, S. P. & Gonzaga, L. P. (2005a). The tadpole of *Physalaemus soaresi* Izecksohn, 1965 (Anura: Leptodactylidae), with comments on taxonomy, reproductive behavior, and vocalizations. *Zootaxa* 1072, 35–42.
- Weber, L. N., Gonzaga, L. P. & Carvalho-e-Silva, S. P. (2005b). A new species of *Physalaemus* Fitzinger, 1826 from the lowland Atlantic Forest of Rio de Janeiro State, Brazil (Amphibia, Anura, Leptodactylidae). *Arquivos do Museu Nacional* 63, 677–684.
- Wells, K.D. (1977a). The social behavior of anurans amphibians. *Animal behavior*, n. 25, p 666-693.
- Wells, K.D. (1977b). The courtship of frogs. In: *The reproductive biology of amphibians*, 233-262. Taylor, D.H. & Guttman, S.I. (eds.). Plenum Press, New York.
- Wells, K.D. (1988). The effect of social interactions on anuran vocal behaviour. In: *The evolution of the amphibian auditory system*, 433-454. Frittsch, B.; Ryan, M.J.; Wilczynski, W. Hetherington, T.E. & Walkowiak, W. (eds.). New York: John Wiley and Sons.
- Wells, K. D. (2007). *The ecology and behaviour of amphibians*. Chicago: University of Chicago Press.
- Wogel, H., Abrunhosa, P.A. & Pombal Jr., J.P. (2002). Atividade reprodutiva de *Physalaemus signifer* (Anura, Leptodactylidae) em ambiente temporário. *Iheringia Série Zooogica*. 92 (2), 57-70.
- Zar, J. H. (1999). *Biostatistical analysis*. 4<sup>a</sup>ed. New Jersey, Prentice-Hall.



### **3 A INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS NA PROPAGAÇÃO DO CANTO DE ANÚNCIO DE *PHYSALAEMUS CUVIERI* (ANURA, LEIUPERIDAE) AO LONGO DO GRADIENTE ESPACIAL NO SUL DO BRASIL**

**RESUMO:** Em anfíbios anuros o papel do ambiente na evolução das vocalizações emitidas a longas distâncias ainda não é claro e é pouco explorado. Neste estudo foi investigado se existe perda de sinal ao longo das distâncias, e se as características ambientais ou morfológicas influenciam os caracteres acústicos emitidos a longas distâncias em *Physalaemus cuvieri*, gravados em nove corpos d'água no estado do Paraná, Brasil. Uma análise de variância foi usada para testar diferenças dos parâmetros acústicos entre as cinco distâncias gravadas. Os dados ambientais, morfológicos dos machos e abióticos, contendo 11 variáveis, foram reduzidos em dois eixos pela análise de componente principal (PCA). Uma análise de covariância foi usada para testar a influência dos eixos da PCA nas características acústicas emitidas ao longo das distâncias. Todas as variáveis acústicas diferiram significativamente ao longo das distâncias gravadas. Apenas o eixo 1 da PCA, composto pelos caracteres número de tipos de vegetação e substrato, influenciou as características acústicas emitidas a longa distância, enquanto o eixo 2, composto por CRC e massa, não foi significativo na análise de covariância. Os resultados suportam a hipótese de que há atenuação e degradação dos parâmetros acústicos. Todavia deve haver uma eficiência da transmissão do sinal para a espécie, devido as características das vocalizações de *P. cuvieri*. A transmissão do sinal parece ser melhor em locais com menor nível de estruturação do micro-hábitat. Observaram-se influências das características ambientais sobre os sinais emitidos a longas distâncias, mas não das características morfológicas. Outras forças seletivas podem estar associadas a evolução do sinal acústico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Transmissão do som, degradação acústica, atenuação acústica, seleção ambiental, leiuperidae.

**ABSTRACT:** In anurans, the role of environment in evolution of vocalizations emitted over long distances is still unclear and underexplored. We investigated if there is signal loss over distance and if environmental and morphological characteristics influences acoustic parameters over long distances in *Physalaemus cuvieri*, recorded in nine bodies of water, state of Paraná, Brazil. Analyses of variance were used to test differences of acoustic parameters among the five distances recorded. Environmental, morphological and abiotic data, containing

11 variables, were reduced in two axes by principal component analysis (PCA). Analysis of covariance was used to test the influence of PCA axes in acoustic characteristics emitted along distances. All variables were significantly different along distances recorded. Only first PCA axis, consisting in numbers of vegetation and number of substrate types, influenced the acoustic characteristics emitted at long distance. The second axis, compounding by mass and CRC, was not significant in the analysis. The results support the hypothesis that there is degradation and attenuation of acoustic parameters. However there must be an efficient signal transmission of the species due to characteristics of *P. cuvieri* vocalizations. The signal transmission seems to be better in places with micro-habitat lower structuring. There were influences of environmental characteristics on the signals over long distances, but not morphological characteristics. However other selective forces may be associated with the evolution of the acoustic signal.

**KEYWORDS:** Signal transmission, sound degradation, sound attenuation, environmental selection, leiuperidae.

### 3.1 INTRODUÇÃO

De acordo com a hipótese de adaptação acústica (AAH), a estrutura do hábitat influencia a ação da seleção natural sob os parâmetros acústicos, moldando a evolução dos sinais (Morton, 1975; Hansen, 1979). Esta hipótese prediz que parte do sinal transmitido, deve apresentar uma estrutura pouco degradada ao longo do habitat (Brown and Randford, 1996), a fim de garantir a discriminação do sinal pelo receptor (Schwartz, 2001). Esta hipótese também sugere que, indivíduos com frequência mais baixa do canto, prevalecem em hábitats com maior complexidade estrutural (Morton, 1975).

A influência das características físicas do ambiente sobre os sinais acústicos emitidos por longas distâncias podem induzir modificações na estrutura do sinal como predito pela hipótese de seleção ambiental (Wiley and Richard, 1978; Forrest, 1994, Bosch and De la Riva, 2004). As vocalizações podem ser degradadas ou atenuadas, a partir do distanciamento do emissor. A degradação consiste em mudanças estruturais que o sinal acumula ao se distanciar da fonte emissora (Morton, 1975). Enquanto que, a atenuação é a diminuição progressiva da intensidade do sinal (Forrest, 1994). Ambas tendem a ser maiores em habitats mais densos ou florestais (Martens, 1980; Blumenrath and Dabelsteen, 2004).

Assim, parâmetros do canto podem se diferir devido ao microclima e estrutura da vegetação local (Slabbekoorn et al., 2002), ou ainda ser ambientalmente neutras (Slabbekoorn and Smith, 2002). Todavia fatores intrínsecos do emissor, como relações filogenéticas (Zimmerman, 1983; Forrest, 1994), características morfológicas (Forrest, 1994; Penna and Sólis, 1998) ou fisiológicas (Forrest, 1994), podem estar associados a emissão do sinal acústico mascarando a relação dos caracteres de microhábitat na evolução dos parâmetros acústicos (Bosch and De la Riva, 2004).

As características ambientais relacionadas aos parâmetros acústicos têm sido registradas em alguns trabalhos (ex. Ryan et al. 1990; Daniel and Blumstein, 1998; Kime et al., 2000;

Castellano et al., 2003; Boncoraglio and Saino, 2007; Lameira and Wich, 2008; Barker et al. 2009; Kuczynski et al., 2010, Ziegler et al., 2011). Todavia, em anfíbios anuros, o papel do ambiente na evolução das vocalizações emitidas a longas distâncias ainda não é claro, e é pouco explorado (Penna and Sólis, 1998; Castellano et al., 2003). Alguns não registraram a associação da emissão do sinal com as características do hábitat (ex. Zimmerman, 1983; Penna and Sólis, 1998). Diferentes escalas podem dificultar a predição, sendo importante a caracterização dos micro-hábitats, utilizados como sítio de vocalização dos anuros, para a transmissão do sinal (Bosch and De la Riva, 2004).

Nos anuros, o sinal acústico é responsável pela mediação das interações acústicas encontradas no sítio reprodutivo (Haddad, 1995; Gerhardt and Huber, 2002; Wells, 2007), sendo realizadas pelo canto de anúncio, que tem a função de anunciar a posição do macho emissor e assim atrair fêmeas coespecíficas a longas distâncias (Bosch and De la Riva, 2004; Kime et al., 2000). Sendo assim, para a efetividade da reprodução, é necessário o reconhecimento, pelas fêmeas, dos sinais emitidos em ambientes acusticamente e estruturalmente complexos (Kuczynski et al., 2010).

*Physalaemus cuvieri* Fitzinger, 1826 é uma espécie de leiuperídio com um tamanho médio para o gênero (comprimento rostro cloacal: 25,18 - 34,00 mm, massa: 1,38 – 3,0 g). A espécie ocorre na América do Sul, ocupando a região central, nordeste e sul do Brasil, Argentina, leste do Paraguai, Bolívia e o sul da Venezuela (Frost, 2011). A atividade reprodutiva se inicia no final de setembro e estende-se até março (Bastos et al., 2003). Machos vocalizam em corpos d'água temporários ou permanentes em áreas abertas (Mijares et al., 2010; Bastos et al., 2003), em diferentes tipos de micro-hábitats. O canto de anúncio de *P. cuvieri* foi descrito por Barrio (1975) e posteriormente mais detalhado por Heyer et al. (1990). A vocalização consiste em uma única nota harmônica (Heyer et al., 1990; Silva et al., 2008).

Considerando que os anuros são ótimos organismos para realização de estudos que usam questões referentes a transmissão dos sinais acústicos (Kuczynski et al., 2010), analisou o canto de anúncio emitido a longas distâncias de *Physalaemus cuvieri*, da região sul do Brasil, em diferentes ambientes físicos, caracterizados a partir do sítio de vocalização dos machos. Tais características acústicas foram obtidas a fim de se testar as seguintes hipóteses: (i) as características acústicas diferem ao longo das distâncias, (ii) o ambiente influencia a degradação e atenuação do sinal acústico emitido a longas distâncias.

### 3.2 MÉTODOS

As observações de campo foram realizadas entre Setembro de 2011 e março de 2012, em nove corpos d'água localizados em áreas abertas, no noroeste do estado do Paraná, sul do Brasil (Tabela 1). Diferentes micro-habitats nos quais os machos vocalizam foram registrados. As observações de campo foi realizado das 19:00h até 00:00h.

Tabela 1 .— Municípios do noroeste do estado do Paraná, sul do Brasil e coordenadas geográficas de cada ponto onde foram realizadas as gravações de machos de *Physalaemus cuvieri*, Brasil.

Locais	Município	Coordenada geográfica
Ponto 1 (Fig. 2A)	Maringá	23° 20' 38,30" S 51° 52' 6" O
Ponto 2 (Fig. 2B)	Sussuí	23° 43' 7,88" S 52° 13' 34" O
Ponto 3 (Fig. 2C)	Sussuí	23° 43' 33,84" S 52° 13' 8" O
Ponto 4 (Fig. 2D)	Mandaguari	23° 23' 26,57" S 51° 42' 41" O
Ponto 5 (Fig. 2E)	Mandaguari	23° 33' 4,07" S 51° 42' 53" O
Ponto 6 (Fig. 2F)	Porto Rico	22° 46' 19,73" S 53° 15' 25" O
Ponto 7 (Fig. 2G)	Iguatemi	23° 21' 17,18" S 52° 4' 24" O
Ponto 8 (Fig. 2H)	Maringá	23° 16' 19,96" S 51° 49' 10" O
Ponto 9 (Fig. 2I)	Maringá	23° 21' 21" S 51° 54' 16" O

Para analisar a propagação do som a longas distâncias, cada macho foi gravado em 0,25m; 0,50m; 1m; 2m e 4m (Adaptado de Wiley and Richards, 1978). Tais distâncias garantem uma análise adequada da vocalização em ambientes tropicais, onde o espaço acústico é complexo. Acima de 4m, o ruído do ambiente poderia dificultar a interpretação a análise dos parâmetros acústicos. Os transectos, utilizados para caracterização do ambiente, foram construídos a partir da parte anterior dos indivíduos.

Vocalizações de 110 machos foram obtidas com gravador DAT SONY TCDD100 com microfone direcional YOGA HT-81 acoplado. Para evitar pseudoreplicação todos os indivíduos foram coletados após as gravações. O nível de intensidade sonora foi medido em decibéis com um decibímetro digital Minipa (Tipo II; Tempo de ponderação=Fast; A-weighted) em cada distância. Após cada sessão de gravação, a temperatura do ar e umidade relativa foram medidas com termo-higrômetro digital, bem como a temperatura da água com termômetro digital com sensor interno e externo Digital-Thermo. Os indivíduos gravados tiveram o comprimento rostro-cloacal (CRC) medido com paquímetro digital (precisão 0,05mm) e a massa, com balança digital (precisão 0,01g).

Após o registro dos cantos em todas as distâncias, foi feita a descrição ambiental em escalas de micro-hábitat nos sítios de vocalização dos machos. Foram medidas as alturas da vegetação em metros, o número de tipos de vegetação (herbácea, arbustiva e/ou arbórea), a porcentagem de cobertura vegetal (nenhuma, até 25%, entre 25 e 50%, entre 51 e 75%, maior que 75%), o número de tipos de substratos (herbácea, solo nú, arbustiva e/ou arbórea), número de tipos de perfil (barranco, plano e/ou inclinado) e o número de tipos de umidade do solo (seca, úmida e/ou alagada). A altura da vegetação foi obtida através da média de 15 alturas aleatórias no transecto. Valores mais elevados indicaram habitats mais complexos (Tabela 2).

Tabela 2 .— Descritor ambiental utilizado para avaliar a estruturação dos micro-hábitat de *Physalaemus cuvieri*.

Descrição ambiental	Características do micro-hábitat	Classificação
Altura da vegetação	Pequena (até 15 cm)	1
	Média (16<x<35)	2
	Grande (>35 cm)	3
Número de tipos de vegetação	Um tipo	1
	Dois tipos	2
	Três tipos	3
% de cobertura vegetal	Nenhuma	1
	Até 25%	2
	25 a 50%	3
	51 a 75%	4
	Acima de 75%	5
Número de tipos de substrato	Um tipo	1
	Dois tipos	2
	Três tipos	3
	Quatro tipos	4
Número de tipos de perfil	Um tipo	1
	Dois tipos	2
	Três tipos	3
Número de tipos de umidade do solo	Um tipo	1
	Dois tipos	2
	Três tipos	3

Para cada distância foram analisados cinco cantos de anúncio de cada distância, totalizando 3050 cantos analisados. As gravações foram editadas com frequência de entrada 22 kHz, resolução de 16 bits. Informação da frequência foi obtida através do Fast Fourier Transformation (FFT, 1024 points). Para análises dos parâmetros duração do canto (DC), frequência mínima (FM), frequência máxima (FM), amplitude de frequência (AF), frequência dominante (FD), utilizou-se o programa Avisoft-SAS Lab Lite, e para análise do parâmetro espectral frequência dominante (FD) o programa Cool Edit 2000.

A fim de se testar a hipótese de que as características acústicas se diferem ao longo das distâncias, foi aplicado um teste de ANOVA one-way (Zar, 1999), no qual as características acústicas foram as variáveis dependentes. O teste não paramétrico de *Kruskall-Wallis* foi aplicado quando as variáveis acústicas não seguiram os pressupostos da análise. Estas

análises estatísticas estão de acordo com Zar (1999) e foram feitas pelo programa Statistica (vers. 7.0, Statsoft; www.statsoft.com).

A fim de ordenar os dados das características ambientais do micro-hábitat, morfológicas dos machos (CRC e massa) e abióticos (temperatura do ar, umidade relativa e temperatura da água), uma análise de componentes principais (PCA) foi realizada (Digby and Kempton, 1987). Foi utilizado o método de Broken-Stick para retenção dos componentes gerados, uma vez que os dados são altamente correlacionados (Jackson, 1993). Para obtenção da análise foi utilizado o programa PC-ORD (McCune and Mefford, 1999).

Para testar a hipótese que assume que as características dos cantos emitidos a longas distâncias estão sob influência das características ambientais, os dados foram submetidos a uma análise de covariância de medidas repetidas (ANCOVA), no qual as variáveis dependentes foram as propriedades acústicas analisadas, os fatores foram as distâncias a partir do macho emissor, nos quais as variáveis acústicas foram gravadas, enquanto que os eixos retidos da PCA foram as covariáveis. Para realização do teste de ANCOVA de medidas repetidas foi utilizado o pacote Vegan (Oksanen et al., 2008) e BiodiversityR (Kindt and Coe, 2005) do software R (R Development Core Team, 2009). Houve uma correção da função inserida no software R, uma vez que cada indivíduo foi gravado em todas as cinco distâncias. Todas as análises realizadas utilizaram níveis de significância de  $P < 0,05$ .

### 3.3 RESULTADOS

Houve degradação e atenuação dos parâmetros acústicos de *Physalaemus cuvieri*, uma vez que todas as variáveis acústicas apresentaram diferenças significativas ao longo das distâncias gravadas: duração do canto ( $F_{(4,605)} = 3,60$ ;  $P < 0,01$ ), frequência mínima ( $H_{(4,610)} = 116,80$ ;  $P < 0,01$ ), frequência máxima ( $H_{(4,610)} = 426,62$ ;  $P < 0,01$ ), amplitude de frequência ( $H_{(4,589)} =$



429,51;  $P < 0,01$ ), frequência dominante ( $F_{(4,605)} = 33,97$ ;  $P < 0,01$ ) e intensidade do canto ( $H_{(4,589)} = 354,88$ ;  $P < 0,01$ ) (Fig.1).

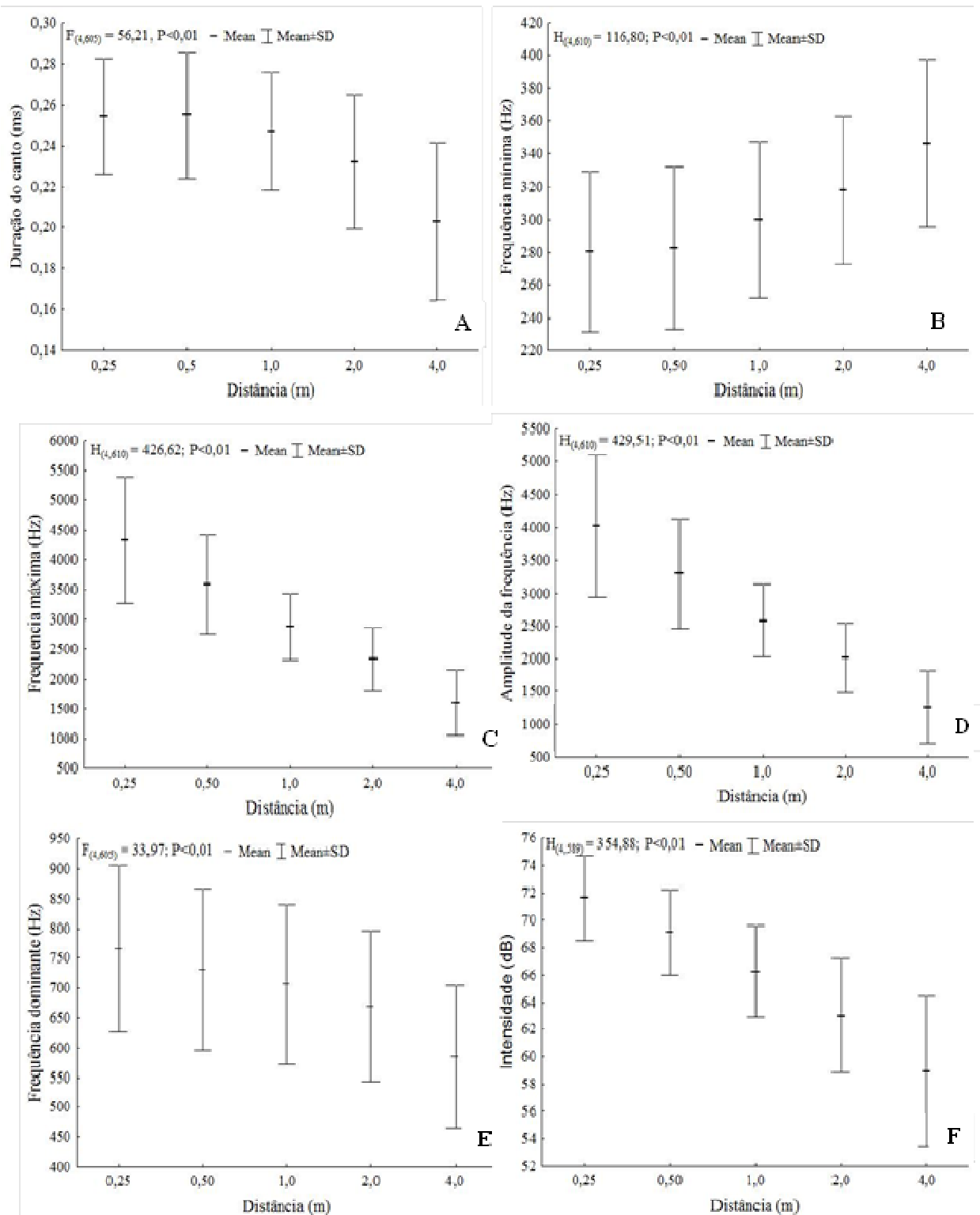


Fig. 1. — Distribuição das médias e desvio padrão para os parâmetros acústicos dos cantos de anúncio de *Physalaemus cuvieri* emitidos a longas distâncias, do noroeste do estado do

Paraná, sul do Brasil. A- Duração do canto, B-Frequência mínima, C-Frequência máxima, D-Amplitude da frequência, E-Frequência dominante e F-Intensidade.

A análise de componentes principais mostrou que, apesar da baixa explicação, as características ambientais do micro-habitat referente ao sítio de vocalização e morfológicas dos machos de *Physalaemus cuvieri*, contribuem para uma diferenciação entre os locais onde os machos foram gravados. Dois componentes foram extraídos da PCA. Os eixos foram responsáveis por 37,56% da variação total, sendo que o primeiro e o segundo componente principal apresentaram 19,31% e 18,25% da variação, respectivamente. As variáveis mais importantes no eixo 1 da PCA foram número de tipos de vegetação e número de tipos de substrato. Enquanto que no eixo 2 as variáveis mais importantes foram comprimento rostro-cloacal e massa (Tabela 3; Fig. 2).

Tabela 3.— Autovalores para as variáveis analisadas sob os aspectos ambientais, morfológicos dos machos e abióticos para os dois primeiros componentes retidos na PCA, em nove corpos d'água no noroeste do estado do Paraná (Brasil) para *Physalaemus cuvieri*.

Variáveis	Eixo 1	Eixo 2
<b>Ambientais</b>		
Altura da vegetação (cm)	-0,05	-0,01
Número de tipos de vegetação	-0,58	-0,07
% da cobertura vegetal	0,11	-0,11
Número de tipos de substrato	-0,59	-0,14
Número de tipos de perfil	-0,32	-0,17
<b>Abióticas</b>		
Temperatura do ar(°C)	-0,27	-0,20
Umidade relativa do ar (%)	0,18	-0,14
Temperatura da água (°C)	-0,19	0,20
Umidade do solo	-0,10	-0,12
<b>Morfológicas</b>		
Comprimento rostro-cloacal (mm)	0,11	-0,63
Massa (g)	0,15	-0,63

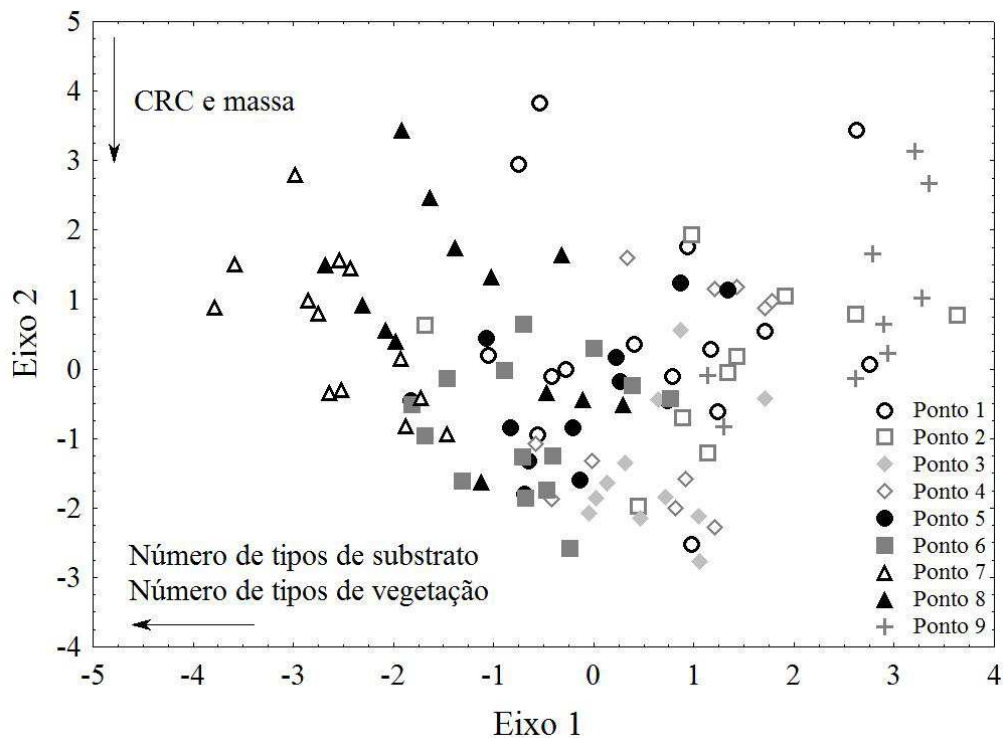


Fig. 2. — Caracterização dos micro-habitats de *Physalaemus cuvieri* em nove corpos d'água no sudoeste do estado do Paraná, Brasil, baseado nos dois primeiros componentes principais da PCA.

De acordo com a análise de medidas repetidas de covariância (ANCOVA), a variabilidade existente nas variáveis acústicas em cada distância se difere, sendo que tais diferenciações são influenciadas somente pelo componente 1 retido na PCA. Assim, o número de tipos de vegetação e substrato no transecto gravado são as características ambientais que mais influenciaram a degradação e atenuação das características acústicas: frequência mínima ( $F_{(1,107)} = 88,02$ ;  $P < 0,01$ ), frequência máxima ( $F_{(1,107)} = 9,70$ ;  $P < 0,01$ ), amplitude de frequência ( $F_{(1,107)} = 13,41$ ;  $P < 0,01$ ), frequência dominante ( $F_{(1,107)} = 7,91$ ;  $P = 0,01$ ) e intensidade do canto ( $F_{(1,104)} = 6,45$ ;  $P = 0,01$ ) (Fig. 3). A degradação da variável duração do canto não foi influenciada pelo componente 1 da PCA ( $F_{(1,107)} = 0,78$ ;  $P < 0,01$ ). Existe uma relação negativa da complexidade do micro-habitat, em relação ao número de tipos de vegetação e substrato,

com as variáveis acústicas de *P. cuvieri*. Exceção para a variável frequência mínima no qual se observou uma relação inversa com tais variáveis ambientais e para intensidade no qual a relação é pouco detectável. Pode se observar graficamente que a taxa de degradação e atenuação foi maior em micro-habitats mais complexos, para as variáveis frequência dominante (Fig. 3D) e intensidade (Fig. 3E). Enquanto que a frequência mínima apresentou a taxa de degradação menor em microhabitats com menor estruturação (Fig. 3B).

O componente 2 retido na PCA, composto pelos caracteres CRC e massa, não influenciou a degradação e atenuação dos sinais acústicos: duração do canto ( $F_{(1,107)} = 1,75$ ;  $P=0,18$ ), frequência mínima ( $F_{(1,107)} = 0,85$ ;  $P=0,35$ ), frequência máxima ( $F_{(1,107)} = 1,37$ ;  $P=0,24$ ), amplitude de frequência ( $F_{(1,118)} = 0,91$ ;  $P=0,34$ ), frequência dominante ( $F_{(1,107)} = 1,88$ ;  $P=0,17$ ) e intensidade do canto ( $F_{(1,104)} = 2,85$ ;  $P=0,09$ ).

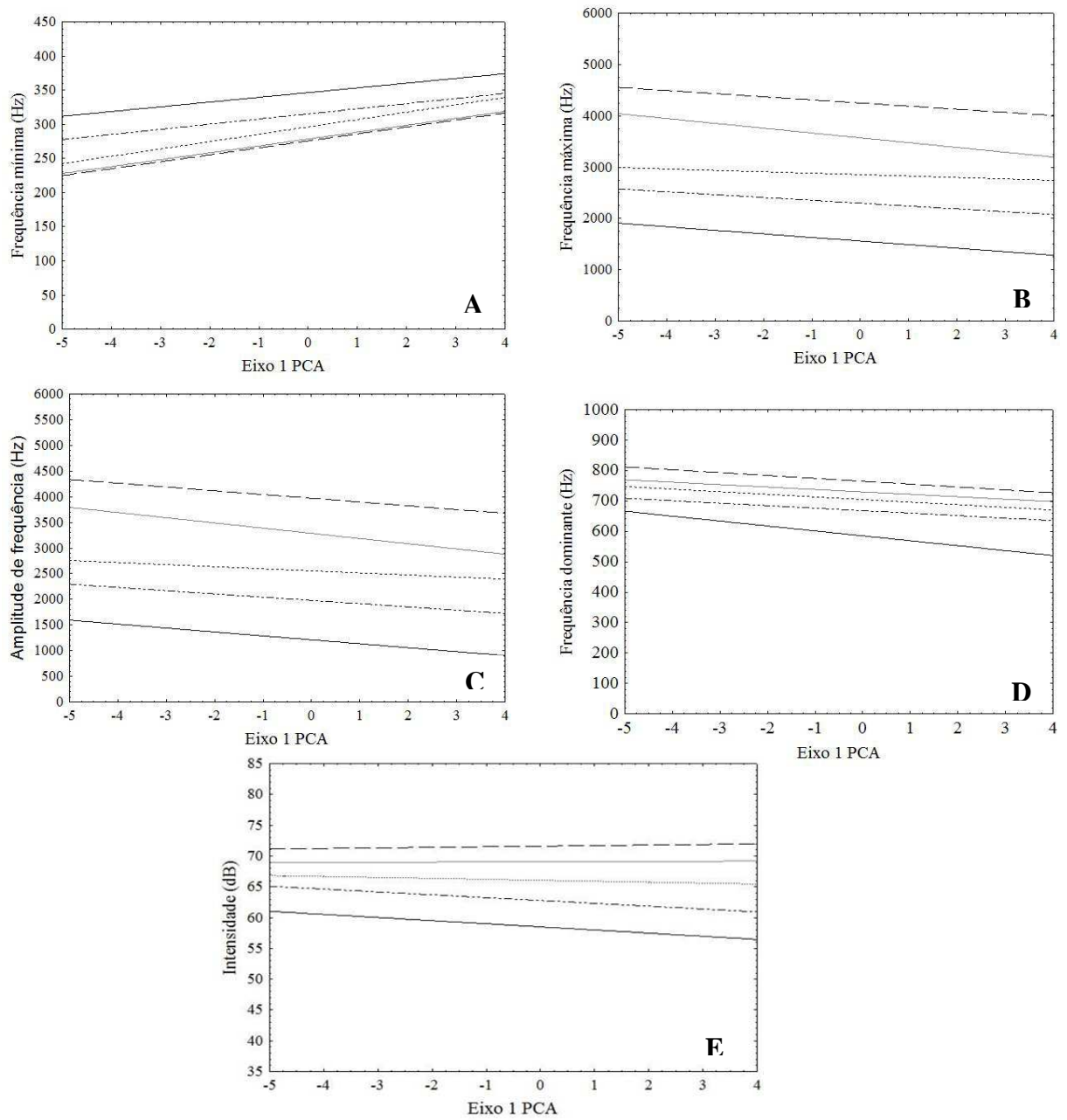


Figura 3.— Transmissão do canto de anúncio de *Physalaemus cuvieri*, (A) frequência mínima, (B) frequência máxima, (C) amplitude de frequência, (D) frequência dominante e (E) intensidade emitidos a longas distâncias, em função dos eixos 1 da PCA. Cada linha representa uma distância: 0,25m 0,50m 1,0m 2,0m 4,0m.

### 3.4 DISCUSSÃO

Os efeitos da atenuação e degradação das vocalizações de *Physalaemus cuvieri* emitidas em diferentes distâncias, foram separados uma vez que são conceitos distintos, que podem ser confundidos em trabalhos referentes a transmissão do sinal. Enquanto a atenuação é a perda da energia acústica, a degradação está associada a perda da fidelidade do sinal relativo ao tempo e frequência (Castellano et al., 2003). Desta maneira, a atenuação é referida pela intensidade do sinal de *P. cuvieri*, enquanto que a degradação está associada aos demais parâmetros analisados. Todavia, a atenuação pode afetar a degradação do canto dependendo da complexidade acústica do hábitat (Castellano et al., 2003).

Os resultados encontrados suportam a hipótese de que existem atenuação e degradação na vocalização de anúncio de *P. cuvieri*, uma vez que as características acústicas diferem ao longo das distâncias gravadas, o que está de acordo com outros artigos, seja para anuros (Zimmerman, 1983; Ryan et al., 1990; Penna and Sólis, 1998; Penna et al., 2006; Ziegler et al., 2011), aves (Slabbekoorn and Smith, 2002; Boncoraglio and Saino, 2007; Barker et al. 2009) ou mamíferos (Daniel and Blumstein, 1998; Lameira and Wich, 2008). Em vista da menor atenuação para a variável intensidade do canto, ela pode ser o parâmetro acústica de relevante importância na atração entre machos e fêmeas.

Embora poucos trabalhos evidenciassem características temporais do canto em trabalhos de degradação e atenuação do canto (Castellano et al., 2003), para *P. cuvieri* existe uma pequena perda das características estruturais da duração do canto de anúncio. Também foi relatado a degradação em estruturas temporais das vocalizações de anúncio em *Incilius vallicees* e *Incilius anaxyrus* (Ryan and Sullivan, 1989), para o complexo *Bufoetes viridis* (Castellano et al., 2003) e para *Hyla chrysoscelis* (Kuczynski et al., 2010). As características temporais do canto podem ser rapidamente degradadas em hábitats mais estruturados (Bosch and De la Riva, 2004).

De acordo com as características físicas do som, a intensidade de energia de um canto pode diminuir em até 6 dB quando se dobra a distância do receptor com a fonte emissora (Wiley and Richards, 1978). Todavia, para *P. cuvieri*, o decréscimo da intensidade do sinal foi pequeno de uma distância a outra. Isto pode ser devido a eficiência na transmissão do sinal no habitat que a espécie ocupa como relatado por Brown and Randford (1996) e a estrutura do canto de anúncio, devido a melhor transmissão de sons graves (Marquéz, com. pess.). Maiores perdas de sinais podem ser percebidas entre as distâncias de 2m e 4m, evidenciando a menor percepção do receptor com o aumento da distância. Excessos de atenuação de até 15 dB podem ser registrado em espécies do gênero *Alytes* (Penna et al., 2006).

Anuros que vocalizam ao nível do solo, apresentam uma taxa de degradação maior do que as vocalizações emitidas acima do solo, principalmente em ambientes abertos, devido a interferência entre os caminhos de reflexão do sinal (Romer, 1992; Kime et al., 2000). Todavia, a frequência do canto pode afetar a propagação, e assim, vocalizações que apresentam baixa frequência são submetidas a menor atenuação do que àquelas com altas frequências (Castellano et al., 2003; Boncoraglio and Saino, 2007). Tal padrão foi encontrado em *P. cuvieri*, uma vez que a taxa de degradação foi maior que a atenuação da intensidade sonora, já que se trata de um leiuperídeo que vocaliza no chão e apresenta baixas frequências dominantes do canto.

Os resultados encontrados no trabalho também suportam a hipótese de que as características ambientais, e não as morfológicas influenciam a degradação e atenuação do canto de anúncio de *P. cuvieri*. Segundo Ey and Fischer (2009), evidências consistentes das características ambientais moldando o comportamento vocal em aves podem ser encontradas (eg. Boncoraglio and Saino, 2007; Barcker et al., 2009), mas em trabalhos com anuros as conclusões são distintas, o que torna a hipótese de seleção ambiental ainda obscuro para este grupo. Zimmerman (1983) e Bosch and De la Riva (2004) evidenciaram que as diferenças de

propagação do sinal estão associadas a características filogenéticas; Penna and Sólis (1998), Kime et al. (2000) e Castellano et al. (2003) não encontraram evidências para suportar a hipótese de seleção ambiental em anuros; enquanto que Ziegler et al. (2011) acreditam que as características morfológicas e ambientais são responsáveis por moldar as estruturas acústicas emitidas a longas distâncias. Todavia, Ryan et al. (1990) obtiveram evidências consistentes para aceitar a seleção ambiental em anfíbios anuros.

Concorda-se em partes com Ryan et al. (1990), que conseguiram evidências consistentes para apoiar a hipótese de seleção ambiental em anuros de subespécies de *Acris crepitans*. Para *P. cuvieri* a transmissão do sinal a longas distâncias é influenciado pelos caracteres ambientais, e parece ser mais eficiente em áreas com menor nível de estruturação no micro-habitat. No entanto, espécies de anuros podem ocorrer em habitats onde a transmissão do sinal é menos eficiente (Ryan et al., 1990; Penna et al., 2006).

Frequências mais baixas foram registradas em habitats com maior nível de estruturação, pois são menos absorvidas e mais suscetíveis a difração devido ao comprimento de onda, o que garante que percorram maiores distâncias (Bosch and De la Riva, 2004). Características ambientais associadas com a frequência mínima do canto, não haviam sido registradas em nenhum trabalho de transmissão do sinal em anuros (Ey and Fischer, 2009). Valores mais altos em ambientes mais estruturados garantiram menor amplitude de frequência. A amplitude de frequência estreita pode permitir menor interferência acústica, favorecendo a escolha de fêmeas pelos machos coespecíficos (Kime et al., 2000; Bosch and De la Riva, 2004; Kuczynski et al., 2010). Todavia, a larga amplitude de frequência pode servir para uma melhor localização do macho (Bosch and De la Riva, 2004).

De acordo com a escala de observação das características ambientais no sítio reprodutivo dos anuros, diferentes conclusões a cerca da associação com a transmissão do sinal podem ser registradas (Feng and Schul, 2007). Devido ao menor tamanho dos anuros, escalas de micro-



hábitat devem ser levadas em consideração na variação da transmissão do sinal, assim como reportado por Bosch and De la Riva (2004), Yao and Lin (2004), Ziegler et al. (2011). Todavia, a maioria dos trabalhos utilizaram escalas de macro-hábitat para os padrões de transmissão do sinal (ex. Penna and Solis, 1998; Kime et al., 2000).

Reporta-se degradação e atenuação nas vocalizações de anúncio de *P. cuvieri* emitidas a longas distâncias tanto para os parâmetros espectrais quanto os temporais. Foram registradas evidências para suportar a hipótese da influência ambiental na transmissão dos sinais acústicos a longas distâncias. Todavia outras forças seletivas podem estar associadas a evolução do sinal acústico, tais como predadores e parasitas, características fisiológicas, filogenéticas e seleção sexual (Forrest, 1994). A exploração do hábitat associado a estrutura dos sinais acústicos emitidos a longas distâncias, permite ampliar o conhecimento a respeito da transmissão dos sinais acústicos, bem como aumentar estudos restritos a uma espécie neste contexto. Assim, pretende-se gerar subsídios para a evolução dos sinais acústicos, bem como para o desempenho e evolução dos organismos, a partir da associação com as características ambientais (Forrest, 1994; Ziegler et al., 2011).

## REFERÊNCIAS

- Barker, N.K.S., T. Dabelsteen, and D.J. Mennill. 2009. Degradation of male and female rufous-and-white wren songs in a tropical forest: effects of sex, perch height and habitat. *Behaviour* 146: 1093-1122.
- Barrio, A. 1965. El género *Physalaemus* (Anura, Leptodactylidae) em la Argentina. *Physis* 70: 421-448.
- Bastos, R.P., L.P. Lima, and M.S. Pasquali. 2003. Sapos, rãs e pererecas: desvendando o segredo dos anfíbios, 1st ed. R. P. Bastos, Goiânia:.

- Blumenrath, S.H., and T. Dabelsteen. Degradation of great tit *Parus major* song before and after foliation: implications for vocal communication in deciduous forests. *Behaviour* 18: 935–958, 2004.
- Boncoraglio, G., and N. Saino. 2007. Habitat structure and the evolution of bird song: a meta-analysis of the evidence for the acoustic adaptation hypothesis. *Functional Ecology* 21: 134–142.
- Bosch, J., and I. De la Riva. 2004. Are frog calls modulated by the environment? An analysis with anuran species from Bolivia. *Canadian Journal of Zoology* 82: 880–888.
- Brown, T.J., and P. Handford. 1996. Acoustic signal amplitude patterns: a computer simulation investigation of the acoustic adaptation hypothesis. *Condor* 98: 608–623.
- Castellano, S., C. Giacoma, and M.J. Ryan. 2003. Call degradation in diploid and tetraploid green toads. *Biological Journal of the Linnean Society* 78: 11–26.
- Daniel, J.C., and D.T. Blumstein. 1998. A test of the acoustic adaptation hypothesis in four species of marmots. *Animal Behaviour* 56: 1517–1528.
- Digby, P.G.N., and R.A. Kempton. 1987. *Multivariate analysis of ecological communities*. Chapman and Hall, London, UK.
- Ey, E., and J. Fischer. 2009. The “acoustic adaptation hypothesis”—a review of the evidence from birds, anurans and mammals. *Bioacoustics* 19: 21–48.
- Feng, A.S., and J. Schul. 2007. Sound processing in real-world environments. Pp. 323–350 in Narins P.M, A.S. Feng, R.R. Fay, and A.N. Popper (Eds), *Hearing and sound communication in amphibians*. Springer handbook of auditory research. Springer-Verlag, New York.
- Forrest, T.G. 1994. From sender to receiver: propagation and environmental effects on acoustic signals. *American Zoologist* 34:644–654.
- Frost, D.R. 2012. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. V5.0 (5 July, 2012). Electronic Database accessible at

<http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA.

Gerhardt, H. C., and F. Huber. 2002. Acoustic communication in insects and anurans: common problems and diverse solutions. The University of Chicago Press, Chicago.

Haddad, C.F.B. 1995. Comunicação em anuros (Amphibia). Anais de etologia, Pirassununga-SP, Brasil, 13: 116-132.

Hansen, P. 1979. Vocal learning: its role adapting sound structure to long-distance propagation and a hypothesis on its evolution. *Animal Behavior* 27: 1270-1271.

Heyer, W.R., A.S. Rand, C.A.G. Cruz, O.L. Peixoto, and C.L. Nelson. 1990. Frogs of Boracéia. *Arquivos de Zoologia*, 31:231-410.

Holland, J., T. Dabelsteen, and S.B. Pedersen. 1998. Degradation of wren *Troglodytes troglodytes* song: Implications for information transfer and ranging. *Journal Acoustic Society of America* 103: 2154-2166.

Jackson, D.A., 1993. Stopping rules in principal component analysis: a comparison of heuristic and statistical approaches. *Ecology*, 74: 2204–2214.

Kime, N.M., W.R. Turner, and M.J. Ryan. 2000. The transmission of advertisement calls in Central American frogs. *Behaviour Ecology* 11: 71–83.

Kindt, R., and R. Coe. 2005. Tree Diversity Analysis. A Manual and Software for Common Statistical Methods for Ecological and Biodiversity Studies

Kuczynski, M.C., A. Vélez, J.J. Schwartz, and M.A. Bee. 2010. Sound transmission and the recognition of temporally degraded sexual advertisement signals in Cope's gray treefrog (*Hyla chrysoscelis*). *The Journal of Experimental Biology* 213: 2840-2850.

Lameira, A.R., and S.A. Wich. 2008. Orangutan long call degradation and individuality over distance: a playback approach. *Internacional Journal of Primatology* 29: 615–625.

- Martens, M.J.M. 1980. Foliage as a low pass filter: experiments with model forests in an anechoic chamber. *Journal of the Acoustical Society of America* 67: 66–72.
- McCune, B., and M.J. Mefford. 1999. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data, version 4. MjM Software Design, Gleneden Beach, OR.
- Mijares, A., Rodrigues, M. T. & Baldo, D. 2010. *Physalaemus cuvieri*. In IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 08 January 2013
- Mintani, J.C., K.L. Hunley, and M.E. Murdoch. 1999. Geographic variation in the calls of wild chimpanzees: a reassessment. *American journal of primatology*, 47: 133-151.
- Morton, E.S. 1975. Ecological sources of selection on avian sounds. *The American Naturalist* 109: 17–34.
- Oksanen, J., R. Kindt, P. Legendre, B. O’Hara, G.L. Simpson, and P. Solymos. 2008. Vegan: Community Ecology Package. R Package Version 1.15-1. Available at: <http://cran.r-project.org/>, <http://vegan.r-forge.r-project.org/>.
- Penna, M., R. Marqu ez, J. Bosch, E.G. Crespo. 2006. Nonoptimal propagation of advertisement calls of midwife toads in Iberian habitats. *The Journal of Acoustic Society of America* 119:1-11.
- Penna, M., and R. Solis. 1998. Frog call intensities and sound propagation in the South American temperate forest region. *Behavioural Ecology and Sociobiology* 42: 371–381.
- R Development Core Team. 2009. R: a language and environment for statistical computing. Vienna (Austria): R foundation for statistical computing. Available from: <http://www.R-project.org>.
- Romer, H. 1992. Ecological constraints for the evolution of hearing and sound communication in insects. Pp. 79-93 in Webster, D.B., R.R. Fay, and Popper, A.N. (Eds.), *the evolutionary biology of hearing*. Springer, New York, Berlin, Heidelberg.

- Ryan, M.J., and B.K. Sullivan. 1989. Transmission effects of temporal structure in the advertisement calls of two toads, *Bufo woodhousei* and *Bufo valliceps*. *Ethology*, 80: 182–189.
- Ryan, M.J., R.B. Cocroft, and W. Wilczynski. 1990. The role of environmental selection in intraspecific divergence of male recognition signals in the cricket frog, *Acris crepitans*. *Evolution* 44: 1869–1872.
- Schwartz, J.J. 2001. Call monitoring and interactive playback systems in the study of acoustic interactions among male anurans. Pp. 183-204 in Ryan, M.J. (Ed.), *Anuran communication*. Smithsonian Institution Press, Washington.
- Silva, R.A., I.A. Martins, and D.C. Rossa-Feres. 2008. Bioacústica e sítio de vocalização em taxocenoses de anuros de área aberta no noroeste paulista. *Biota Neotropica* 8: 123-134.
- Slabbekoorn, H., and T.B. Smith. 2002. Habitat-dependent song divergence in the little greenbul: an analysis of environmental selection pressures on acoustic signals. *Evolution* 56: 1849–1858.
- Slabbekoorn, H., J. Eilers, T.B. Smith. 2002. Bird song and sound transmission: the benefits of reverberations. *The Condor* 104: 564–573.
- Wells, K.D. 2007. *The ecology and behaviour of amphibians*. University of Chicago Press, Chicago.
- Wiley, R.H, and D.G. Richards. 1978. Physical constraints on acoustic communication in the atmosphere: implications for the evolution of animal vocalizations. *Behavioural Ecology and Sociobiology* 3: 69–94.
- Yao, Y., and Y. Lin. 2004. Acoustic adaptation hypothesis in macro and micro environments: an analysis of frog calls. *Journal Acoustic Society of America* 116: 2639.
- Zar, J. H. 1999. *Biostatistical analysis*, 4th ed. Prentice-Hall. New Jersey.

Ziegler, L., M. Arim, and P.M. Narins. 2011. Linking amphibian call structure to the environment: the interplay between phenotypic flexibility and individual attributes. *Behavioral Ecology* 22: 520–526.

Zimmerman, B.L. 1983. A comparison of structural features of calls of open and forest habitat frog species in the central Amazon. *Herpetologica* 39: 235–245.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do aspecto bioacústico analisado, o estudo evidenciou o repertório vocal de *Physalaemus cuvieri*, composto por dois tipos de vocalizações emitidos em contextos sociais distintos. Verificou-se que as características abióticas e/ou morfológicas, bem como o contexto social dos indivíduos influenciam as alterações individuais dos parâmetros acústicos. Também se registrou a degradação e atenuação nas vocalizações de anúncio de *P. cuvieri* emitidas a longas distâncias tanto para os parâmetros espectrais quanto os temporais do canto, com evidências para suportar a hipótese da influência do microhabitat dos indivíduos na transmissão dos sinais acústicos a longas distâncias. Neste sentido, ampliam-se as informações sobre a evolução do sistema de seleção sexual e interações agressivas. Também a associação das características de microhabitat com as vocalizações, geram subsídios para a evolução dos sinais acústicos e para o desempenho e evolução dos organismos.