

**UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI
E DAS MISSÕES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, EXTENSÃO E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA**

ANGÉLICA SALINI

**EFEITO INVISÍVEL: O RUÍDO DO TRÁFEGO SOBRE A VOCALIZAÇÃO DE
*Physalaemus gracilis***

ERECHIM-RS, JULHO DE 2020.

ANGÉLICA SALINI

EFEITO INVISÍVEL: O RUÍDO DO TRÁFEGO SOBRE A VOCALIZAÇÃO DE
Physalaemus gracilis

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ecologia.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação da Biodiversidade

Orientador(es): Prof. Dr. Jorge Reppold Marinho

ERECHIM-RS, JULHO DE 2020.

S165e Salini, Angélica

Efeito invisível : o ruído do tráfego sobre a vocalização de *Physalaemus gracilis* / Angélica Salini. – 2020.
44 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2020.

“Orientação: Prof. Dr. Jorge Reppold Marinho”

1. Impacto ambiental 2. Som antropogênico 3. Mascaramento acústico
I. Título

C.D.U.: 504.06

Catálogo na fonte: bibliotecária Sandra Milbrath CRB 10/1278

ANGÉLICA SALINI

EFEITO INVISÍVEL: O RUÍDO DO TRÁFEGO SOBRE A VOCALIZAÇÃO DE
Physalaemus gracilis

BANCA EXAMINADORA

JORGE REPPOLD MARINHO (Orientador)

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Erechim

LILIAN SANDER HOFFMANN

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

BRUNO BUSNELLO KUBIAK

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

LUIZ UBIRATAN HEPP

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Erechim

Erechim-RS, Julho de 2020

Dedico este trabalho a minha família que não mediu esforços para que eu alcançasse meu objetivo e vencesse mais esta etapa da minha vida e na minha carreira acadêmica.

AGRADECIMENTOS

No decorrer destes dois anos intensos de estudo e pesquisa contei com várias pessoas que me ajudaram economicamente, emocionalmente, tecnicamente e intelectualmente, pelas quais sou muito grata.

Meu agradecimento especial ao meu orientador professor Dr. Jorge Reppold Marinho por aceitar desenvolver esta pesquisa com os anfíbios, pela orientação prestada e principalmente por todos seus ensinamentos, pelo incentivo, disponibilidade, apoio e confiança que sempre demonstrou nestes dois anos de trabalho no laboratório de Ecologia Animal. Gostaria de agradecer também pela ajuda da professora Dra. Lilian Sander Hoffmann, pelas suas contribuições, pelo seu incentivo e apoio na elaboração deste trabalho que foram imprescindíveis.

Aos meus colegas de Mestrado, principalmente Raissa que compartilhou comigo e dividiu angustias e medos e somou minhas alegrias, obrigada por ter me dado à graça de te conhecer. A minhas eternas amigas de graduação Isabel e Rayana que me inspiraram e me ajudaram nesta trajetória. Meu colega de laboratório João sou grata por toda ajuda técnica, intelectual e companheirismo compartilhados durante estes anos. Sou eternamente grata por ter conhecido e convivido com vocês.

A minha família, minha mãe Cleinir e meu pai Leonir pela ajuda em campo pelo apoio emocional e financeiro. Minha irmã Fabrieli pelos conselhos dados e paciência transmitida em momentos difíceis. Ao meu namorado Luis por estar ao meu lado em todos os momentos, pela ajuda em campo, financeira, emocional e intelectual. A todos vocês meus mais sinceros agradecimentos. Saibam que eu agradeço toda noite antes de dormir por existirem e serem a minha família.

*“É inútil querermos ser bons o tempo todo e
fazer tudo certo – o que importa é estarmos
dispostos a fazer um pouco melhor hoje do que
fizemos ontem.”*

(Friedrich Wilhelm Nietzsche)

RESUMO

Título: Efeito invisível: o ruído do tráfego sobre a vocalização de *Physalaemus gracilis*.

Discente: Angélica Salini

Orientador: Prof. Dr. Jorge Reppold Marinho

Data da Defesa: 31 de Julho de 2020

O ambiente como um todo vem sofrendo inúmeras modificações em virtude do crescimento da população e suas conexões necessárias. O ruído antropogênico resultante dessa expansão urbana se configura em uma ameaça potencial para muitas espécies, principalmente as que dependem da emissão e recepção do seu sinal acústico para comunicação, como é o caso dos anuros. Esses organismos sofrem o efeito do mascaramento do seu sinal e devem se adaptar de alguma forma para conseguir sobreviver. Dentre vários emissores antropogênicos de ruído, as rodovias são empreendimentos relevantes a serem estudados pela sua extensão atual, pela expansão futura esperada e pela falta de limite espacial do ruído gerado. O objetivo deste estudo é contribuir com o conhecimento sobre o efeito do ruído do tráfego na vocalização da espécie *Physalaemus gracilis* (Boulenger, 1883), popular chorãozinho ou rã chorona. Para tal foram selecionados locais próximos e distantes de rodovias, nos quais foram gravadas e analisadas as vocalizações dos indivíduos presentes. Posteriormente, para avaliar o efeito imediato do som antropogênico nos indivíduos, foi simulado um experimento com playback. Para todos os parâmetros de frequência analisados os resultados se mostraram significativos, demonstrando que existe diferença entre os indivíduos que vocalizam próximos para com os que vocalizam distante das rodovias. Para amplitude da nota os resultados também se mostraram significativos evidenciando que as rodovias influenciam na vocalização destes organismos. A energia da nota não apresentou significância entre os locais de estudo. O experimento com playback mostrou que os organismos em estudo utilizam adaptações de natureza plástica, que são reversíveis em curto prazo, para evitar o mascaramento do seu sinal. Por meio deste estudo é possível constatar que a presença de rodovias afeta a comunicação acústica desta espécie de anuro alterando os parâmetros vocais analisados, e que esta por sua vez, utiliza diferentes mecanismos de adaptação em curto e em longo prazo para conseguir se comunicar.

Palavras-chave: Som antropogênico. Mascaramento Acústico. Impacto Ambiental. Sobrevivência.

ABSTRACT

Title: Invisible effect: traffic noise on *Physalaemus gracilis* vocalization.

Student: Angélica Salini

Advisor: Prof. Dr. Jorge Reppold Marinho

Defense Date: July 31, 2020

The environment, taken as a whole, has been under numerous changes due to the population growth and its required connections. Anthropogenic noise from the urban expansion is a potential threat to many species, especially those that depend on the emission of an acoustic signal for communication, like the anurans. These organisms suffer the effect of having their signal masked and must adapt in some way to be able to survive. Among several anthropogenic noise emitters, highways are relevant projects to be studied due to their current extent, the expected future expansion and the lack of a spatial limitation of the generated noise. This study aims to contribute to the knowledge about the effect of traffic noise on the vocalization of the *Physalaemus gracilis* species. For this purpose, locations were selected both near and far from highways, and vocalizations of some individuals were recorded and analyzed. Later, to evaluate the immediate effect of anthropogenic sound on individuals, an experiment with playback was simulated. The results were significant for all frequency parameters analyzed, namely: Minimum and maximum frequency of the fundamental harmonic note, frequency the 1st quartile and in the 3rd quartile of the fundamental harmonic note, maximum frequency of the song and peak frequency of the song. For the amplitude of the singing, the results were also significant, showing that the highways influence the vocalization of these organisms. The energy of the song was not significant between the study sites corroborating with our hypothesis that the species uses mechanisms described in the biophonic literature (Acoustic Adaptation Hypothesis and Lombard Effect) to be able to communicate. The experiment with playback showed that the studied organisms use adaptations of a flexible nature to avoid masking their signal. Through this study it is possible to verify that the presence of highways affects the acoustic communication of this species of anuran, which in turn uses different mechanisms to be able to communicate.

Key-words: Anthropogenic sound. Acoustic masking. Environmental impact. Survival.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Compilação dos valores reais obtidos com o auxílio do software Raven Pro 1.5 nos locais próximos e distantes de rodovias para cada parâmetro acústico. 30

Tabela 1. Efeito do playback sobre os parâmetros vocais de *Physalaemus gracilis* após doze dias de estímulo. O teste de Kruskal-Wallis (H) foi utilizado para avaliar a existência de diferença entre os ambientes juntamente com o Método de Dunn que mostra onde esta diferença se encontra. 32

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Representação espectral dos parâmetros acústicos analisados neste trabalho. 29
- Figura 2.** Representação gráfica (boxplot) demonstrando o centro, a dispersão e a assimetria do conjunto de dados para cada parâmetro acústico extraído da vocalização de indivíduos da espécie *P. gracilis* que cantam distante e próximo de rodovias 31
- Figura 3.** Representação gráfica (boxplot) demonstrando o centro, a dispersão e a assimetria do conjunto de dados para cada parâmetro acústico extraído da vocalização de indivíduos da espécie *P. gracilis* que cantam distante de rodovias, próximo de rodovias e para os indivíduos submetidos aos 12 dias do experimento..... 33
- Figura 4.** Regressão linear utilizado para avaliar o efeito dos dias de exposição ao ruído sobre a média por dia de experimento para cada parâmetro vocal. 34

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	13
REFERÊNCIAS	18
Efeito invisível: ruído do tráfego sobre a vocalização de anuros	22
1. INTRODUÇÃO	23
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	26
2.1. <i>Características do Canto</i>	26
2.2. <i>Área de estudo e coleta de dados</i>	26
2.3. <i>Parâmetros acústicos</i>	28
2.4. <i>Análise dos dados</i>	29
3. RESULTADOS	30
4. DISCUSSÃO	35
5. REFERÊNCIAS.....	38
CONCLUSÃO GERAL	44

1. INTRODUÇÃO GERAL

A capacidade de comunicação acústica não é única dos seres humanos. Ela se faz presente em muitas espécies da fauna, sendo extremamente importante para a defesa territorial, seleção de parceiros e reconhecimento de outras espécies (BRADBURY e VEHRENCAMP, 1998; BRUMM e SLABBEKOORN, 2005). Esta comunicabilidade intraespecífica e interespecífica pode ser dificultada com aparecimento de algum tipo de ruído de fundo, pois ele acaba competindo com a informação sonora que se deseja obter. Dessa forma o ruído de fundo se configura como uma fonte acústica que pode interferir na fase de produção, de transmissão ou até de detecção de um som (HARTMANN e CANDY, 2014).

Esses ruídos de fundo afetam o espaço ativo de um sinal, pois influenciam na capacidade de separar um ou mais sinais e também a capacidade de separar um sinal do próprio ruído de fundo pelo receptor, (WILEY e RICHARDS, 1982; WILEY, 1994, 2006) podendo causar o mascaramento de um sinal acústico uma vez que o reconhecimento de um sinal depende substancialmente dessa relação sinal-ruído (KLUMP, 1996). Animais que sinalizam perto de fontes ruidosas enfrentam o desafio de transmitir o seu sinal ao receptor. Eles exibem uma variedade de respostas dependendo da sua tolerância ou adaptabilidade ao som ambiente (BRUMM e SLATER, 2006). Um estudo realizado (DUBOIS e MARTENS, 1984) revelou que pássaros e rãs que vivem em ambientes com alta intensidade de ruído causado por riachos e cachoeiras tendem a produzir vocalizações em faixas estreitas de frequência mais altas como resposta evolutiva para fugir do mascaramento. Outros animais realizam adaptações de curto prazo pra mitigar a interferência de ruído relativamente temporário (POTASH, 1972; LENGAGNE et al., 1999).

Originalmente o ruído pode ser de fonte natural, relacionada à interação entre indivíduos e características físicas, como o som do vento e da água em movimento, ou antropogênicas referente à ação humana (LOHR, WRIGHT e DOOLING, 2003). O ruído antropogênico aumentou exponencialmente nas últimas décadas, em virtude do crescimento da população, da consequente urbanização, da difusão das redes de transporte e ampliação da extração de recursos (BARBER, CROOKS e FRISTRUP, 2010). As estradas, elemento comum da paisagem moderna, são uma das fontes ruidosas antropogênicas mais difundidas no ecossistema atualmente (DOOLING e POPPER, 2007). Elas prejudicam o meio ambiente desde a sua construção até sua manutenção em longo

prazo, levando os efeitos ecológicos da rede rodoviária para além de seus limites construídos (SPELLERBERG, 1998; BARBER, CROOKS e FRISTRUP, 2010).

Devido ao crescente fluxo de tráfego e suas linhas de acesso, emergiu no campo da Ecologia uma linha de pesquisa em Ecologia de Estradas, visando especificamente elucidar como estes empreendimentos interferem nos processos ecológicos, e quais são seus efeitos especialmente no que se refere aos fluxos biológicos e a permeabilidade da paisagem (FORMAN et al., 2003). Esses estudos evidenciam que as estradas afetam negativamente a movimentação dos organismos, atuando como barreiras reduzindo, portanto fluxos gênicos. A redução da troca genética nas populações gera outros efeitos negativos como a endogamia, que por sua vez resulta em gerações fracas ou estéreis (FORMAN et al., 2003). Outros efeitos também mais diretos podem ser identificados em empreendimentos rodoviários como supressão de vegetação, o corte e aterro do terreno, e efeitos de borda sobre os remanescentes de vegetação (FORMAN et al., 1997). O conjunto dos efeitos ecológicos causados por estradas identificados para espécies, solo, água e atmosfera varia em distância de metros a quilômetros (FORMAN, 1995).

O efeito de borda se faz presente de forma marcante em fragmentos cortados por rodovias causando alterações bióticas e abióticas. As principais alterações abióticas são aumento da radiação solar e temperatura, risco de erosão e assoreamento, redução da umidade relativa e da resistência à ação do vento. Dentre as alterações bióticas, destacam-se as mudanças na estrutura e dinâmica da comunidade vegetal, na diversidade e abundância da fauna e nas interações entre ambas. Estudos com alguns grupos taxonômicos como anfíbios (HELS e BUCHWALD, 2001; GLISTA, DEVAULT e DEWOODY, 2009), répteis (HARTMANN, HARTMANN e MARTINS, 2011; MASCHIO, SANTOS-COSTA e PRUDENTE, 2016), aves (BAGER e ROSA, 2012), mamíferos (CLEVINGER, CHRUSZCZ e GUNSON, 2003; CÁCERES et al., 2010) e invertebrados (KOIVULA e VERMEULEN, 2005), comprovam os efeitos diretos (atropelamento e isolamento geográfico) e indiretos (mudanças de hábitos) das rodovias nestes grupos. No entanto outros efeitos precisam ser mais bem explorados, como por exemplo, o efeito que o ruído do tráfego especificamente exerce sobre as espécies que vivem ou circundam as rodovias (FORMAN, 1998).

Estudos neste sentido evidenciaram que os padrões de ruído gerado pelo tráfego oscilam no decorrer do tempo, sendo que o efeito para os animais varia de acordo com a hora do dia ou estação do ano, dependendo dos padrões diários e do ciclo de vida desse

animal. As espécies mais impactadas pelo ruído da estrada são aquelas que incorporam o som em seu comportamento básico e muito do efeito depende da frequência com que a espécie em questão vocaliza (SLABBEKOORN e PEET, 2003). Dentre os taxa estudados, os anfíbios anuros são particularmente suscetíveis aos efeitos do ruído do tráfego, pois as características espectrais de sua vocalização aumentam o potencial de mascaramento (PARRIS, VELIK-LORD e NORTH, 2009). Em consequência, suas capacidades individuais podem ser comprometidas, ou em nível de sobrevivência, se os sinais que indicam uma ameaça não são ouvidos ou são alterados (LOWRY, LILL e WONG, 2012), ou em sucesso reprodutivo, resultante de uma avaliação incerta de potenciais parceiros (HALFWERK et al., 2011).

Os anfíbios são organismos chaves de muitos ecossistemas, eles ocupam uma posição trófica intermediária, sendo predador ou presa em suas diferentes fases de vida (HEYER et al., 1994). Anfíbios em todo o mundo estão enfrentando uma crise de extinção, 40% das espécies de anuros existentes estão classificados em uma das categorias de risco segundo a IUCN (2019). As principais causas são a perda e fragmentação de habitats, doenças, poluição e pressão de predadores introduzidos (STUART et al., 2004; HALLIDAY, 2008). Porém devido a grande extensão da superfície terrestre que é atualmente afetada pelo ruído do tráfego rodoviário, e pela expansão futura esperada (FORMAN et al., 2003), muitas populações de anuros em todo o mundo provavelmente serão acometidas negativamente pelo som das rodovias. Embora o ruído do tráfego não seja a ameaça mais evidente à sobrevivência dos anuros, é o poluente com maior potencial de dispersão espacial, além de ser de difícil controle e supressão.

Para neutralizar os efeitos do mascaramento, os anuros são capazes de realizar algumas adaptações. Sua morfologia e fisiologia possibilitam a percepção e a emissão de sons entre um grande intervalo de frequências (NARINS, 1990; WELLS, 2008). Por esse motivo, os anuros são organismos adequados para utilização como modelo na investigação da comunicação acústica animal (VÉLEZ, SCHWARTZ e BEE, 2013). Existem três estratégias que podem ser utilizadas para maximizar a transmissão do sinal acústico em situações de ruído descritas para aves (BRUMM e SLABBEKOORN, 2005; RÍOS-CHÉLEN, 2009), mas também observadas em anuros (GERHARDT e SCHWARTZ, 2001; PENNA e HAMILTON-WEST, 2007; PENNA, POTTSTOCK e VELASQUEZ, 2005; SLABBEKOORN e SMITH, 2002). A primeira estratégia se refere ao ajustamento dos parâmetros temporais do canto. Ajustando os momentos de emissão do canto, o

indivíduo pode evitar que haja uma sobreposição temporal entre seu sinal e a fonte de ruído. Uma segunda alternativa seria o ajuste nos parâmetros de frequência do canto. Ruídos-ambiente (incluindo ruídos antrópicos) em geral possuem frequências baixas, aumentando a frequência (Hz) de sua vocalização como um todo, ou de partes dele, o indivíduo poderá evitar a sobreposição acústica. E, uma terceira estratégia diz respeito aos parâmetros de amplitude (volume) do canto. Esta estratégia é conhecida como o Efeito Lombard, em que indivíduos passam a emitir sinais com maior amplitude na medida em que o ruído também aumenta em intensidade.

Ressalta-se que todo processo de comunicação acústica é modificado pelo ambiente, pois o som, antes de chegar ao receptor transita por ele. Deste modo os processos de atenuação e degradação ocorrem, (BLUMSTEIN e FERNÁNDEZ-JURICIC, 2010; MORTON, 1975; RABIN e GREENE, 2002) podendo influenciar no ato da comunicação (WILEY e RICHARDS, 1982). O ruído se configura como uma fonte adicional de interferência prejudicando o reconhecimento dos sinais (BRUMM e SLABBEKOORN, 2005; WILEY e RICHARDS, 1982). Morton (1975) sugeriu que os sinais vocais são adaptados para melhor transmissão no habitat em que determinada espécie vive, de acordo com as características bióticas e abióticas do meio que interferem no processo de comunicação, o que ficou conhecido como hipótese da adaptação acústica, sendo, mais tarde reafirmada por outros pesquisadores (ROTHSTEIN e FLEISCHER, 1987; EY e FISCHER, 2009; BLUMSTEIN e FERNÁNDEZ-JURICIC, 2010).

Tem-se conhecimento que o ato de vocalizar é energeticamente dispendioso, sendo que os custos deste ajustamento vocal são variados. Por exemplo, vocalizar mais alto em ambientes ruidosos pode exigir um grande gasto de energia, o que pode explicar por que alguns animais não vocalizam com a máxima amplitude possível (WARREN et al., 2006; WOOD e YEZERINAC, 2006). O ajuste da vocalização para frequências mais altas também pode impor custos energéticos, uma vez que estas podem requerer uma contração mais intensa de músculos e mais músculos em trabalho que as frequências mais baixas (LAMBRECHTS, 1996). Podemos inferir que independentemente da situação na qual o processo de comunicação ocorre estarão presentes os potenciais custos do ajustamento vocal (WARREN et al., 2006; WOOD e YEZERINAC, 2006; PATRICELLI e BLICKEY, 2006).

Portanto, podemos concluir que as espécies respondem de diversas maneiras ao ruído de fundo, mas nenhuma sem isenção de custos. Estas respostas dependem tanto das

características das espécies quanto do tipo de ruído. Assim, dada a obscuridade dos ruídos de origem antrópica e seus impactos negativos sobre a comunicação acústica, com potenciais consequências sobre a sobrevivência e reprodução dos indivíduos e, assim, sobre a permanência de espécies e populações, o estudo objetivou avaliar o efeito sonoro das rodovias na vocalização da espécie *Physalaemus gracilis* (BOULENGER, 1883), anfíbio anuro pertencente à família Leptodactylidae, que se distribui geograficamente no Sul do Brasil (Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo), Argentina e Uruguai (LANGONE, 1994).

Esta espécie é relativamente pequena (2,7 a 3,2cm), possui um focinho pontudo, uma coloração que varia de castanho avermelhado até cinza claro. As espécies deste gênero geralmente possuem uma faixa preta lateral que vai da ponta do focinho ate quase a base das coxas. Possui uma mancha arredondada na região inguinal (base da coxa). Os machos possuem a região do “papo” mais escura devido à presença do saco vocal (BORGES-MARTINS et al., 2007). Não há dados que indiquem declínio desta espécie, isso se deve a sua ampla distribuição, tolerância a vários tipos de habitats e grande população, presumivelmente. *P. gracilis* é terrestre, se reproduz em ninho de espuma, onde os ovos são depositados em águas temporárias naturais, entre os meses de setembro a março (ACHAVAL e OLMOS, 2003).

Especificamente, foi investigado, por meio da análise das frequências, intensidade dos sinais, se *P. gracilis* altera certos parâmetros acústicos, quando na presença de ruído. Nossa hipótese pressupôs que a espécie *P. gracilis* responde ao ruído do tráfego mudando seus parâmetros vocais, fazendo uso das estratégias descritas para aves e para alguns grupos de anfíbios como resposta para fugir do mascaramento.

REFERÊNCIAS

- ACHAVAL, F.; OLMOS, A. Anfíbios y reptiles del Uruguay. 2 ed. **Graphis**: Montevideo. 2003.
- BAGER, A.; ROSA, C.A. Impacto da rodovia BR -392 sobre comunidades de aves no extremo sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, 2012.
- BARBER, J. R.; CROOKS, K. R.; FRISTRUP, K. M. The costs of chronic noise exposure for terrestrial organisms. **Trends Ecology Evolution**, 2010.
- BORGES -MARTINS, M. et al. In: BECKER, F.G.; RAMOS, R. A.; MOURA, L. A. (orgs.) Biodiversidade: Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, Planície Costeira do Rio Grande do Sul. **Ministério do Meio Ambiente**: Brasília. 2007.
- BLUMSTEIN, D. T; FERNANDEZ-JURICIC, E. Acoustic Communication and Conservation. In: A primer of conservation Behavior. Massachusetts: **Sinauer Associates Incorporated**. 2010. p. 115-132.
- BRADBURY, J.W.; VEHRENCAMP, S.L. Principles of animal communication. Sunderland, MA: **Sinauer Associates**, 1998.
- BRUMM, H. The impact of environmental noise on song amplitude in a territorial bird. **Journal of Animal Ecology**. v. 73, n. 3, p. 434-440, 2004.
- BRUMM, H.; SLABBEKOORN, H. Acoustic communication in noise. **Advances in the Study of Behavior**, 2005.
- BRUMM, H.; SLATER, P.J.B. Ambient noise, motor fatigue, and serial redundancy in chaffinch song. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, 2006.
- CÁCERES, N. C. et al. Mammal occurrence and roadkill in two adjacent ecoregions (Atlantic Forest and Cerrado) in southwestern Brazil. **Zoologia**, 2010.
- CLEVENGER, A. P.; CHRUSZCZ, B.; GUNSON, K. E. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. **Biological Conservation**, 2003.
- DOOLING, R. J.; POPPER, A. N. The effects of highway noise on birds. California: **Department of Transportation, Division of Environmental Analysis**, 2007.
- DUBOIS, A.; MARTENS, J. A case of possible vocal convergence between frogs and a bird in Himalayan torrents. **Journal of Ornithology**, 1984.
- EY, E.; FISCHER, J. The —Acoustic Adaptation Hypothesis— a review of the evidence from birds, anurans and mammals. **Bioacoustics**, 2009. 19, 21-48.
- FORMAN, R. T. T. Land mosaics: the ecology of landscapes and regions. Cambridge: **Cambridge University Press**, 1995.

FORMAN, R. T. T. et al. Ecological effects of roads: toward three summary indices and an overview for North America. In: TRANSPORT, M. O. Habitat fragmentation and infrastructure. Netherlands: **Public Works and Water Management**, 1997. p. 40-54.

FORMAN, R. T. T. Road ecology: A solution for the giant embracing us. **Landscape Ecology**, 13, Number 4, III-V, 1998.

FORMAN, R. T. et al. Road ecology: science and solutions. **Washington Island Press**, 2003.

GERHARDT, H. C.; SCHWARTZ, J. J. Auditory Tuning and Frequency Preferences in Anurans. In: RYAN, M. J. Anuran Communication. ISBN 1-56098-973-4. ed. [S.l.]: **Smithsonian Institution Press**, 2001. Cap. 7, p. 73-86.

GLISTA, D.J.; DEVAULT, T.L.; DEWOODY, J.A. A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. **Landscape and Urban Planning**, 2009.

HALLIDAY, T. R. Why amphibians are important. **International Zoo Yearbook**, 2008.

HALFWERK, W. et al. Negative impact of traffic noise on avian reproductive success. **Journal of Applied Ecology**, 2011.

HARTMANN W, M; CANDY J, V. Processamento de sinais acústicos. In: Rossing TD (eds) Springer Handbook of Acoustics. **Springer Handbooks. Springer**, 2014. Nova Iorque, NY.

HARTMANN, P.A.; HARTMANN, M.T.; MARTINS, M. Snake road mortality in a protected area in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. **South American Journal of Herpetology**, 2011.

HELS, T.; BUCHWALD, E. The effect of road kills on amphibian populations. **Biological Conservation**, 2001.

HEYER, W. R. et al. Measuring and monitoring Biological Diversity, Standard Methods for Amphibians. **Smithsonian Institution Press**. Washington and London, 1994.

IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species. Disponível em Acesso em 23 de Julho 2019.

KLUMP, G. M. Bird communication in the noisy world. In Ecology and Evolution of Acoustic Communication in Birds (ed. D. E. Kroodsma and E. H. Miller), pp. 321-338. Ithaca: **Cornell University Press**, 1996.

KOIVULA, M.J.; VERMEULEN, H.J.W. Highways and forest fragmentation: effects on ca-rabid beetles (Coleoptera, Carabidae). **Landscape Ecology**, 2005.

LAMBRECHTS, M. M. Organization of birdsong and constraints on performance. In: KROODSMA, MILLER, E. H. Ecology and Evolution of Acoustic Communication in Birds. New York: **Cornell University Press**, 1996. p. 305-320.

LANGONE, J. A. Ranas y sapos del Uruguay (reconocimiento y aspectos biológicos). **Museo Damaso Antonio Larrañaga, Serie de Divulgación**, 1994.

LENGAGNE, T. et al. How do king penguins (*Aptenodytes patagonicus*) apply the mathematical theory of information to communicate in windy conditions? **Proceedings of the Royal Society**, 1999.

LOHR, B.; WRIGHT, T.F.; DOOLING, R.J. Detection and discrimination of natural calls in masking noise by birds: estimating the active space of a signal. **Animal Behaviour**, 2003.

LOWRY, H.; LILL, A.; WONG, B. B. (2012). How noisy does a noisy miner have to be? Amplitude adjustments of alarm calls in an avian urban 'adapter'. **PLOS ONE**, 2012.

MASCHIO, G. F.; SANTOS- COSTA, M. C.; PRUDENTE, A. L.C. Road-Kills of Snakes in a Tropical Rainforest in the Central Amazon Basin, Brazil. **South American Journal of Herpetology**, 2016.

MORTON, E.S. Ecological sources of selection on avian sounds. **American Naturalist**, 1975.

NARINS, P.M. Seismic in Communication Anuran Amphibians: White-lipped frogs thump the ground as they chirp. **BioScience**, 1990.

PARRIS, K.M.; VELIK-LORD, M.; NORTH, J.M.A. Frogs call at a higherpitch in traffic noise. **Ecology Society**, Soc. 2009. 14:25. doi: 3.

PATRICELLI, G.; BLICKLEY, J. Avian Communication in Urban Noise: Causes and Consequences of Vocal Adjustment. **The Auk**, 2006.

PENNA, M.; POTTSTOCK, H.; VELASQUEZ, N. Effect of natural and synthetic noise on evoked vocal responses in a frog of the temperate austral forest. **Animal Behaviour**. 2005. 70:639–651

PENNA, M.; HAMILTON-WEST, C. Susceptibility of evoked vocal responses to noise exposure in a frog of the temperate austral forest. **Animal Behaviour**. 2007. 74:45–56.

POTASH, L. M. A signal detection problem and possible solution in japanese quail *Coturnix japonica*. **Animal Behaviour**, 1972.

RABIN, L. A.; GREENE, C. M. Changes to acoustic communication systems in human-altered environments. **Journal of Comparative Psychology**. v. 116, n. 2, p.137-141, 2002.

RIOS-CHELÉN, A. A. et al. The learning advantage: Bird species that learn their song show a tighter adjustment of song to noisy environments than those that do not learn. **Journal of Evolutionary Biology**. v. 25, p. 2171-2180, 2012.

ROTHSTEIN, S. I.; FLEISCHER, R. C. Vocal dialects and the possible relation to honest status signaling in the Brown-Headed Cowbird. **The Condor**, 1987. 89, 1-23.

SLABBEKOORN, H.; SMITH, T.B. Bird song, ecology and speciation. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**. 2002. 357:493 LP-503.

SLABBEKOORN, H.; PEET, M. Birds sing at a higher pitch in urban noise. **Nature**, 2003.

SPELLERBERG, I. F. Ecological effects of roads and traffic: a literature review. **Global Ecology and Biogeography**, 1998.

STUART, S. N. et al. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. **Science**, 2004.

WARREN, P.S.; KATTI, M.; ERMANN, M.; BRAZEL, A. Urban bioacoustics: it's not just noise. **Animal Behavior**. 2006. Number: ARV-28R.

WOOD, W.E.; YEZERINAC, S.M., 2006. Song Sparrow (*Melospiza melodia*) song varies with urban noise. **The Auk**, v. 123, n. 3, p. 650–659.

WELLS K. A ecologia e o comportamento dos anfíbios. Chicago: **The University of Chicago Press**, 2008.

WILEY, R. H.; RICHARDS, D. G. Adaptations for acoustic communication in birds: sound transmission and signal detection. In: *Acoustic Communication in Birds* (Ed. by Kroodsma, D. E. Miller, E. H.), pp. 131-181. **New York & London: Academic Press**, 1982.

WILEY, R. H. Errors, Exaggeration, and Deception in Animal Communication. **Chicago: University of Chicago Press**, 1994.

WILEY, R. H. Signal detection and animal communication. **Advances in the Study of Behavior**, 2006.

VÉLEZ, A.; SCHWARTZ, J.J.; BEE, M.A. Percepção de sinal acústico anurano em ambientes ruidosos. Em: Brumm H, editor. *Comunicação Animal e Ruído*. Berlim, Heidelberg: **Springer**, 2013.

Efeito invisível: ruído do tráfego sobre a vocalização de *Physalaemus gracilis*

Angélica Salini ^a, Jorge Reppold Marinho ^a.

^a Laboratório EcoFauna- Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- Campus Erechim.

Resumo

Os sons antropogênicos ocasionados pelas rodovias são responsáveis por contribuir significativamente com a poluição acústica. Esta fonte ruidosa se configura como um potencial estressor para espécies essencialmente vocalizantes como é o caso dos anuros, que realizam inúmeras adaptações para tentar fugir do mascaramento. Nosso estudo avaliou o efeito do ruído rodoviário na espécie *Physalaemus gracilis*. O estudo foi desenvolvido em duas fases: 1ª fase denominada de comparação, indivíduos da espécie foram gravados em locais com e sem a presença de rodovia entre os meses de Novembro e Dezembro de 2018 e posteriormente essas gravações foram ouvidas e analisadas por meio do software Raven Pró 1.5; 2ª fase denominada de experimento, durante 12 dias consecutivos do mês de Janeiro de 2019, simulamos uma rodovia em um ambiente sem interferência de ruído rodoviário. Todos os dias foram realizadas gravações das vocalizações emitidas e posteriormente foram analisadas igualmente a primeira fase do trabalho. Para a descrição dos parâmetros acústicos foi analisado, as frequências da nota (frequência mínima, frequência máxima e pico de frequência), energia e amplitude. Para a frequência dominante foram analisados parâmetros de frequência (mínima, máxima, frequência no 1º e 3º quartis). Como resultados, evidenciamos que a espécie *Physalaemus gracilis* sofre efeito do ruído rodoviário a longo e em curto prazo e se utiliza de mecanismos adaptativos e plásticos para tentar fugir do mascaramento do seu sinal acústico.

Palavras-chave: Sons antropogênicos. Poluição sonora. Mascaramento acústico.

1. INTRODUÇÃO

Desde o início do século XX o Brasil vem implantando um modelo extensivo de malha rodoviária e ampliando a fabricação de automóveis (BAGATINI, 2006). Por certo que as rodovias são empreendimentos necessários para o crescimento socioeconômico de um país, porém sua implementação causa impactos diversos ao meio ambiente (PANAZZOLO et al., 2012). A construção destes empreendimentos lineares pode causar supressão da vegetação/ desmatamento, perda de diversidade biológica e alterações do sistema natural de drenagem e degradação do solo. Além de gerar problemas relacionados às emissões de poluentes que afetam diretamente a fauna ocasionando mudanças nas condições e qualidade de vida do ecossistema (SIMONETTI, 2010).

Os fragmentos florestais circundados por rodovias apresentam acentuado efeito de borda e, em consequência mudança na composição das comunidades (FREITAS et al., 2014), tornando-as menos diversas sendo formadas basicamente por espécies comuns a áreas antrópicas além de espécies exóticas (SERA, 2010). Especificamente para a fauna, são descritos três efeitos adversos diretos relacionados à presença de rodovias (ROMANINI, 2001). O primeiro efeito que se destaca é o efeito barreira, onde as estradas se configuram como obstáculos/ barreiras à movimentação dos animais (EIGENBROD, HECNAR e FAHRIG, 2008). A dificuldade de encontrar recursos, a fragmentação das populações, entre outros problemas advindos do efeito barreira podem resultar na redução ou extinção populacional local (EIGENBROD, HECNAR e FAHRIG, 2008; LAURANCE et al., 2008; MCGREGOR, BENDER e FAHRIG, 2008; SERA, 2010).

Outro efeito descrito é a perda de indivíduos por atropelamento. A mortalidade de indivíduos desta forma pode ser altamente impactante para populações naturais, principalmente para espécies que existem em baixas densidades, ou por estarem ameaçadas ou por possuírem baixas taxas reprodutivas (SCHONEWALD-COX e BUECHNER, 1992). O último efeito que cabe destaque é chamado de efeito de evitação, em que os animais evitam as rodovias devido à perturbação gerada pelo tráfego. As luzes a velocidade e principalmente o ruído gerado estão entre os principais fatores de perturbação para a fauna (JAEGER et al., 2005).

Diversos estudos vêm sendo realizados para avaliar individualmente os efeitos das rodovias e suas consequências para muitas espécies da fauna (JAEGER et al., 2005; SHANNON et al., 2014; MODKOWSKI, 2015; OLIVEIRA, 2014; MAZEROLLE, HUOT e GRAVEL, 2005). Tem-se conhecimento que além de danos ecológicos nas populações, a

presença de rodovias pode promover alterações comportamentais nas espécies, como se evidencia em estudos sobre comunicação intra e interespecífico (DEVELEY e STOUFFER, 2001; BRUMM, 2004; FORMAN, 2014). Esse tipo de ruído antropogênico pode impactar a fauna de diferentes maneiras (ORTEGA, 2012), sendo capaz até de interferir na composição de espécies em determinado local, favorecendo a entrada de algumas espécies e diminuindo a sobrevivência de outras (BLUMSTEIN e FERNÁNDEZ-JURICIC, 2010; BROTONS e HERRANDO, 2001; FRANCIS, ORTEGA e CRUZ, 2009).

Acredita-se que essas mudanças podem acarretar em alterações na estrutura das vocalizações das espécies, a fim de evitar o mascaramento provocado pelos novos sons inabituais (BLUMSTEIN e FERNÁNDEZ-JURICIC, 2010). Essas interferências do ambiente são extremamente relevantes para os sistemas de comunicação acústica, pois em muitos casos são utilizados no contexto reprodutivo. Assim, elas podem constituir-se em pressões seletivas para maximizar o processo de comunicação, atuando sobre o sinal em si e sobre o comportamento ou fisiologia do emissor, bem como do receptor (WITTE et al., 2005). Em relação ao emissor sugere-se que os sinais vocais são adaptados para ser mais bem transmitido em determinado habitat, em concordância com as características do meio que podem interferir no processo de comunicação, o que ficou conhecido como Hipótese de Adaptação Acústica descrita primeiramente por Morton (1975) e comprovada por outros autores ao longo dos anos (ROTHSTEIN e FLEISCHER, 1987; EY e FISCHER, 2009; BLUMSTEIN e FERNÁNDEZ-JURICIC, 2010).

Outros mecanismos são utilizados pelas espécies na tentativa de evitar o mascaramento acústico, como ajustamento de parâmetros temporais do canto, escolhendo intervalos menos ruidosos para vocalizar ou ainda aumentando a amplitude dos chamados (Efeito Lombard) (GERHARDT e SCHWARTZ, 2001; PENNA e HAMILTON-WEST, 2007; PENNA, POTTSTOCK e VELASQUEZ, 2005; SLABBEKOORN e SMITH, 2002). Animais que fazem uso deste último mecanismo respondem ao aumento da intensidade sonora no ambiente aumentando a amplitude dos chamados (LOMBARD, 1911; BRUMM e SLABBEKOORN, 2005), obtendo uma maior eficiência no processo de sinalização acústica (MANABE e DOOLING, 1998).

O Efeito Lombard é a resposta conhecida mais antiga em nível de ruído do ambiente, tendo sido observada em diversas espécies de grupos distintos, como: aves (BRUMM, 2004; CYNX, 1998; POTASH, 1972), mamíferos (SINNOTT, STEBBINS e MOODY, 1975), e anfíbios anuros (LOPEZ et al., 1988). Neste último grupo por sua vez,

estudos revelaram que as mudanças em suas vocalizações em resposta a altos níveis de ruído causado pelo tráfego reduz a abundância e composição de suas populações (SUN e NARINS, 2005; LENGAGNE, 2008; CUNNINGTON e FAHRIG, 2010). Esse fato se deve a interrupção ou mascaramento parcial da chamada que altera distância de transmissão efetiva, o que acaba por desorientá-los em direção a um coro, evitando assim a atração (NARINS, 1982; WARREN et al., 2006; LENGAGNE, 2008). Portanto além das rodovias se configurarem como uma introdução fisicamente degradante para os habitats, o ruído gerado pelo tráfego também é um potencial estressor que prejudica o processo de comunicação (HALFWERK et al., 2011; ORTEGA, 2012; FRANCIS et al., 2012) essencial para organismos vocalizantes como os anuros (BARBER, CROOKS e FRISTRUP, 2010; NELSON, SZEYLLER e POESEL, 2016.).

Os anfíbios em todo mundo estão sofrendo um grave declínio populacional, por um sinergismo de fatores (HAYES et al., 2010), o que os torna o grupo de vertebrados terrestres mais ameaçados da atualidade (STUART et al., 2004; PIMENTA et al., 2005). Dentre as diversas causas deste declínio, destaca-se a perda de habitats por atividades antrópicas, sendo que a perturbação gerada pelas rodovias se configura como um elemento agravante as populações neste contexto (STUART et al., 2004; TOLEDO, 2009). Conhecendo esses fatores e sabendo que o Brasil é detentor da maior biodiversidade de anuros existentes (AMPHIBIAWEB, 2019) e também possuidor de uma matriz de transporte predominantemente rodoviária (CNT, 2006) é imprescindível determinar os efeitos do ruído do tráfego nas espécies de anuros, para podermos mitigar os impactos gerados por tais atividades/empreendimentos a fim de proteger as espécies deste grupo de uma possível extinção.

Neste contexto o estudo teve por objetivo avaliar o efeito sonoro das rodovias na vocalização da espécie *Physalaemus gracilis* (BOULENGER, 1883). Especificamente, foi investigado, por meio da análise das frequências e intensidade dos sinais, se *P. gracilis* altera certos parâmetros acústicos, quando na presença de ruído. Nossa hipótese pressupôs que a espécie *P. gracilis* responderia ao ruído do tráfego, alterando os parâmetros de suas vocalizações como resposta compensatória ao mascaramento de sinais biologicamente importantes. Justifica-se a escolha desta espécie pelo fato da mesma ser generalista de habitat, encontrar-se abundantemente na região de realização do estudo e por possuir seu canto facilmente distinguível.

1. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Características do Canto

O canto de *Physalaemus gracilis* é simples com uma nota multipulsionada. É estruturado harmonicamente, com um harmônico de frequência dominante e mais outros 6 a 10 harmônicos visíveis no espectro. O canto apresenta frequência mínima de 314,26 Hz, e frequência máxima de 3199,90 Hz. O pico de energia (98 dB) encontra-se em torno da frequência de 500 Hz. A frequência máxima do harmônico dominante tem uma média 656,98 Hz (DE MAMAN, 2019).

2.2 Área de estudo e coleta de dados

O estudo foi desenvolvido na região Norte do Rio Grande do Sul entre os meses de Novembro de 2018 a Fevereiro de 2019, sendo dividido em duas fases. A primeira fase consistiu na definição dos ambientes (com e sem rodovia) para gravação e comparação, e a segunda fase se caracterizou pela realização do experimento com playback.

PRIMEIRA FASE

Para o desenvolvimento da 1ª fase, foram selecionados três pontos próximos à rodovia (P), que sofrem os efeitos do ruído rodoviário. Estes pontos estão localizados às margens da RS 331, RS 135 e BR 153 respectivamente, distantes aproximadamente 15 metros da rodovia (Coordenadas: 1P- 27°36'26,70''S 52°12'51,31''O; 2P- 27°43'46,13''S 52°16'54,76''O; 3P- 27°35'45,33''S 52°14'03,67''O), e três pontos distantes (D) no mínimo 4 km da rodovia, que não sofriam, portanto interferência do ruído rodoviário (Coordenadas: 1D- 27°23'16,51''S 52°04'40,70''O; 2D- 27°34'52,35''S 52°16'08,36''O; 3D- 27°36'42,13''S 52°07'16,75''O). Em todos os pontos os níveis de ruído foram verificados com o auxílio de um decibelímetro digital- AKSO modelo AK 824, previamente calibrado. Para os pontos localizados próximos da rodovia o decibelímetro registrou o valor mínimo de 40,1 dB e máximo de 76,0 dB. Para os pontos distantes os valores correspondentes foram de 35,5 dB e 46,2 dB respectivamente. Valores médios relacionados à temperatura e umidade relativa do ar foram obtidos para os pontos próximos (20,8°C e 61% respectivamente) e distantes (20,7°C e 66% respectivamente) da rodovia.

Em cada ponto foram gravadas, ao anoitecer (19h00min), as vocalizações de no mínimo 10 indivíduos presentes pertencentes à espécie *Physalaemus gracilis*, com o auxílio de um microfone Yoga HT-81 acoplado a um gravador digital Sony ICD-Px 240

com uma taxa de amostragem de 44,1 kHz e resolução de 16 bits. O aparelho para gravação era posicionado a cerca de 40 cm de distância do animal. Posteriormente as gravações foram transferidas para o computador, e analisadas por meio do software Raven Pro 1.5 com uma FFT = 1024.

SEGUNDA FASE

Para a realização do experimento caracterizada como a segunda fase do trabalho, houve a necessidade de criação de um arquivo de reprodução de áudio. Para tal, ao anoitecer foram feitas gravações do fluxo de tráfego da RS 135, o horário escolhido coincide propositalmente com o horário de início da atividade vocal dos indivíduos estudados.

O arquivo foi criado com 5 minutos de duração contemplando 35 passagens de veículos aproximadamente, repetidos sem embaralhar. O arquivo de reprodução, portanto, abarcou 420 eventos de passagem por hora a uma velocidade de aproximadamente 80 km/h, níveis de tráfego e velocidade média encontradas ao longo da rodovia onde parte do projeto foi desenvolvido.

Dentre os três pontos distantes da rodovia selecionados na primeira fase do trabalho, por sorteio o ponto denominado de 1D foi escolhido para ser o local de realização do experimento. Neste ponto o arquivo criado foi amplificado e reproduzido com o auxílio de um aparelho de som JBL modelo FLIP4, que responde a frequências de 15Hz a 70kHz instalado a 15 metros do açude onde havia indivíduos vocalizantes. O volume (dB) do arquivo foi ajustado igualmente à rodovia original, verificado com o decibelímetro digital- AKSO modelo AK 824. Durante 12 dias consecutivos o playback era ligado a 19h00min, às 20h30min eram realizadas gravações dos indivíduos (da mesma maneira realizada na primeira fase do trabalho) e, as 22h00min o arquivo de reprodução era desligado. As gravações foram transferidas para o computador e analisadas por meio do software Raven Pro 1.5 onde os parâmetros acústicos foram então obtidos e organizados em uma tabela.

Todas as vocalizações registradas foram gravadas em formato MP3, transformadas em WAVE com o auxílio do conversor de áudio online e arquivadas em padrão mono 16 bit a uma taxa de amostragem de 44100 Hz. Para as análises, foi escolhido a transformação dos áudios para “wave” segundo literatura. Os arquivos em formato MP3 também foram rodados e não apresentaram diferenças nos padrões analisados exceto a compactação do áudio

2.3 Parâmetros Acústicos

Para a descrição dos parâmetros acústicos foram analisadas, as frequências das notas (frequência mínima, frequência máxima e pico de frequência), energia e amplitude. Para a frequência dominante foram analisados parâmetros de frequência (mínima, máxima, frequência no 1º e 3º quartis). Os termos bioacústicos empregados neste trabalho seguiram Bastos et al (2003), Toledo e Haddad (2005) e Duellman e Trueb (1986), com algumas adaptações, conforme segue (Figura 1):

a) Vocalização: emissão sonora produzida pelo aparato vocal do animal, reconhecida em duas categorias: cantos e notas.

b) Canto: conjunto de emissões sonoras produzidas em determinada sequência, constituído por uma única nota (canto simples), uma série de notas idênticas ou grupos de notas diferentes (canto composto).

c) Nota: unidade temporal que constitui o canto, também formada por pulsos.

d) Pulsos: emissões sonoras de banda ampla enfatizados no espectro temporal de uma nota.

e) Frequência fundamental: frequência da vocalização com maior energia acústica. Frequência que detém a maior quantidade de energia em um espectro de frequências de um som.

f) Harmônicos: componentes do espectro de um som. Constituem as diversas bandas de frequências de um som, podendo ser visíveis através de análises sonoras.

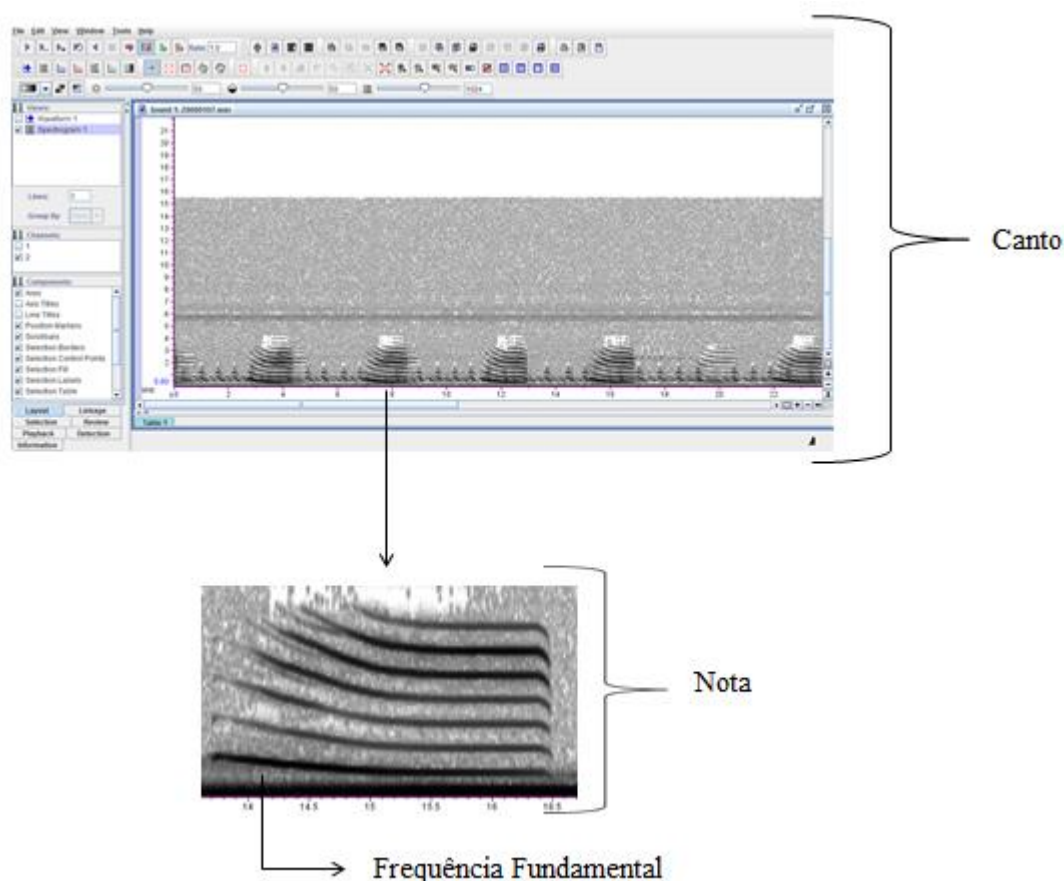


Figura 1. Representação espectral dos parâmetros acústicos analisados neste trabalho.

2.4 Análise dos dados

As análises foram realizadas com o auxílio do software Past. Os dados referentes à primeira fase do trabalho foram testados para normalidade usando Kolmogorov- Smirnov e, sendo estes não paramétricos utilizamos teste U de Mann-Whitney para verificar a existência de diferença nos parâmetros vocais entre indivíduos que vocalizavam próximo para com indivíduos que vocalizavam distante da rodovia.

Para a segunda parte do trabalho uma regressão linear foi utilizada em um primeiro momento para avaliar o efeito dos dias de exposição ao ruído sobre os parâmetros vocais. Para verificar a diferença nos parâmetros vocais entre os indivíduos que foram submetidos aos 12 dias de experimento, os que vocalizavam próximo e os que vocalizavam distante da rodovia foi utilizado o teste estatístico kruskal-Wallis. Os dados referentes a esta segunda fase do trabalho foram testados para normalidade utilizando Shapiro-Wilk, sendo que os mesmo se apresentaram de forma não paramétrica.

2. RESULTADOS

3.1 Primeira fase

Os resultados relacionados à energia da nota para os indivíduos de *P. gracilis* foram semelhantes entre os locais próximos e distantes das rodovias ($U=7078,5$; $p=0,4966$). Os resultados referentes aos parâmetros de frequência, tanto para a nota (frequência máxima $U=9793,5$; $p=0,0001$ e pico de frequência $U=4720,5$; $p=0,0001$) quanto à frequência fundamental (frequência mínima $U=7587$; $p=0,0001$ e máxima $U=7386,5$; $p=0,0001$, frequência no 1º quartil $U=11322$; $p=0,0148$ e no 3º quartil $U=10064$; $p=0,0001$) demonstraram existir diferença entre os indivíduos que vocalizam próximos e distantes de rodovia. Foi observado que os indivíduos de *P. gracilis* que vocalizam próximo de rodovias apresentaram valores mais elevados dos parâmetros acústicos relacionados à frequência em relação aos que vocalizam distante da rodovia (Tabela 1). O resultado para amplitude da nota demonstrou que existe diferença entre os indivíduos que vocalizam próximo e distante da rodovia ($U=1433$; $p=0,0049$), sendo que os valores mais elevados foram verificados nos indivíduos que vocalizam distante de rodovia (Figura 2).

Tabela 1. Compilação dos valores reais obtidos com o auxílio do software Raven Pro 1.5 nos locais próximos e distantes de rodovias para cada parâmetro acústico.

	Média		Máxima		Mínima	
	Próximo	Distante	Próximo	Distante	Próximo	Distante
Energia da nota	98.61	98.16	111.2	108.3	87.7	84.3
Freq. Min. Fund.	331.09	313.43	382.6	355.6	289.7	269.9
Freq. Máx. Fund.	703.84	657.65	811.6	732.5	552.5	407.1
1º Q Freq. Fund.	432.25	411.65	516.8	473.7	344.5	301.5
3º Q Freq. Fund.	538.72	506.75	646	602.9	430.7	344.5
Freq. Máx. Nota	3291.81	3197.66	4196.5	3699.8	2791.8	2547
Freq. Pico. Nota	492.46	459.37	689.1	516.8	344.5	344.5
Ampli. Nota	78.79	81.82	91.2	90.5	68.3	68.5

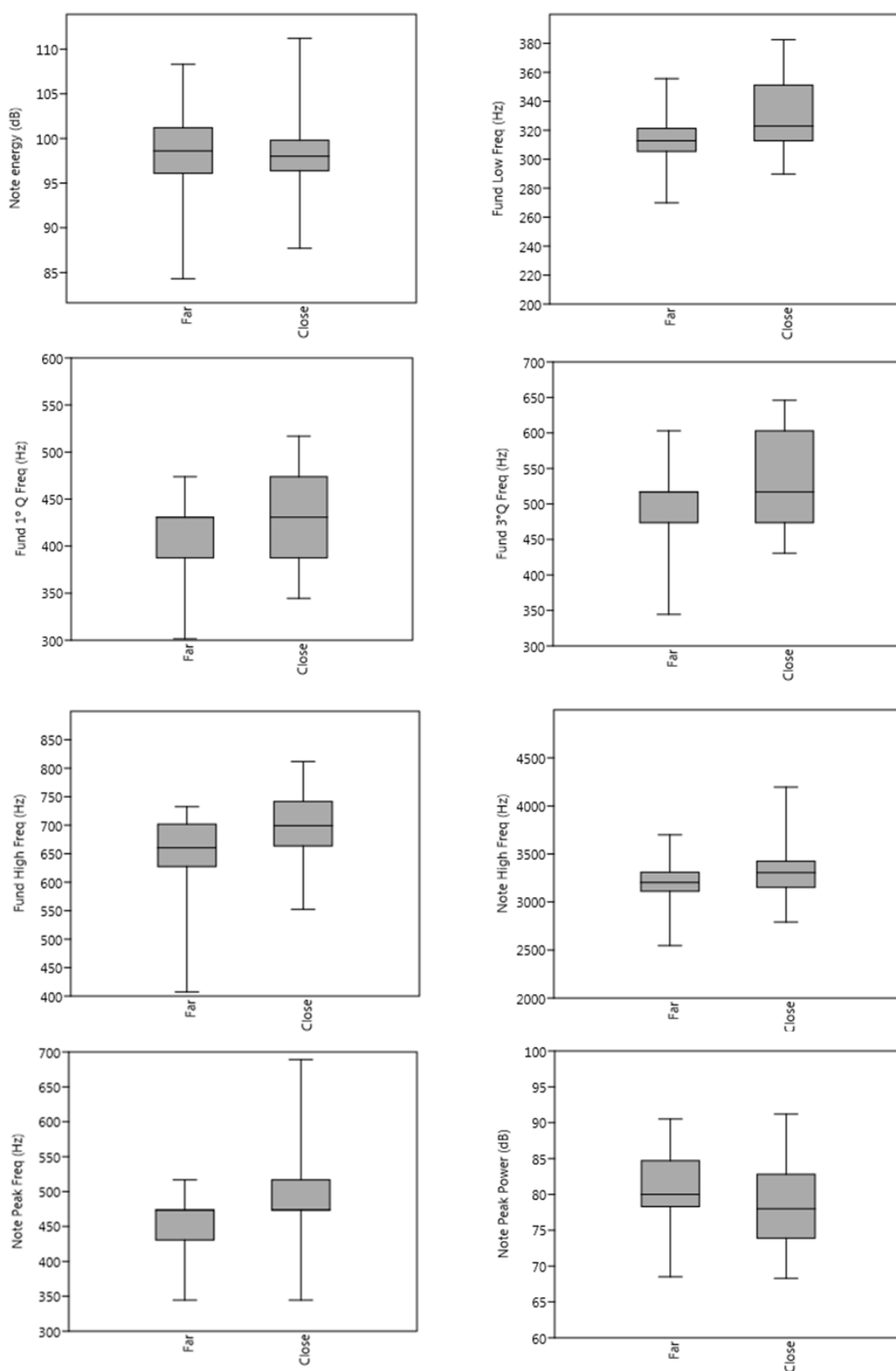


Figura 2. Representação gráfica (boxplot) demonstrando o centro, a dispersão e a assimetria do conjunto de dados para cada parâmetro acústico extraído da vocalização de indivíduos da espécie *P. gracilis* que cantam distante e próximo de rodovias.

3.2 Segunda fase

Em relação à segunda fase do trabalho onde foram comparados os ambientes próximo e distante de rodovia para com o 12º dia de experimento, foram evidenciadas diferenças significativas para a maioria dos parâmetros analisados (Figura 3). Cabe destaque que apenas os parâmetros relacionados à Frequência máxima fundamental ($p=0,2348$) e ao Pico de frequência da nota ($p=0,05$) não apresentaram diferença significativa entre o ambiente distante da rodovia para com 12º dia de experimento (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito do playback sobre os parâmetros vocais de *Physalaemus gracilis* após doze dias de estímulo. O teste de Kruskal-Wallis (H) foi utilizado para avaliar a existência de diferença entre os ambientes juntamente com o Método de Dunn que mostra onde esta diferença se encontra.

		Próximo e Distante	Próximo e 12º dia de experimento	Distante e 12º dia de experimento
	Teste H / p	Método de Dunn (p)		
Energia da nota	83,22 / <0,001	0,4511	<0,001	<0,001
Frequência mínima fund.	91,65 / <0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Frequência máxima fund.	63,36 / < 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,2348
1º Q freq. fund.	61,98 / <0,0001	0,01	< 0,0001	< 0,0001
3º Q freq. fund.	78,67 / <0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Frequência máxima da nota	130,9 / <0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Pico de frequência da nota	48,76 / < 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,05
Amplitude da nota	48,48 / < 0,0001	<0,001	< 0,0001	< 0,0001

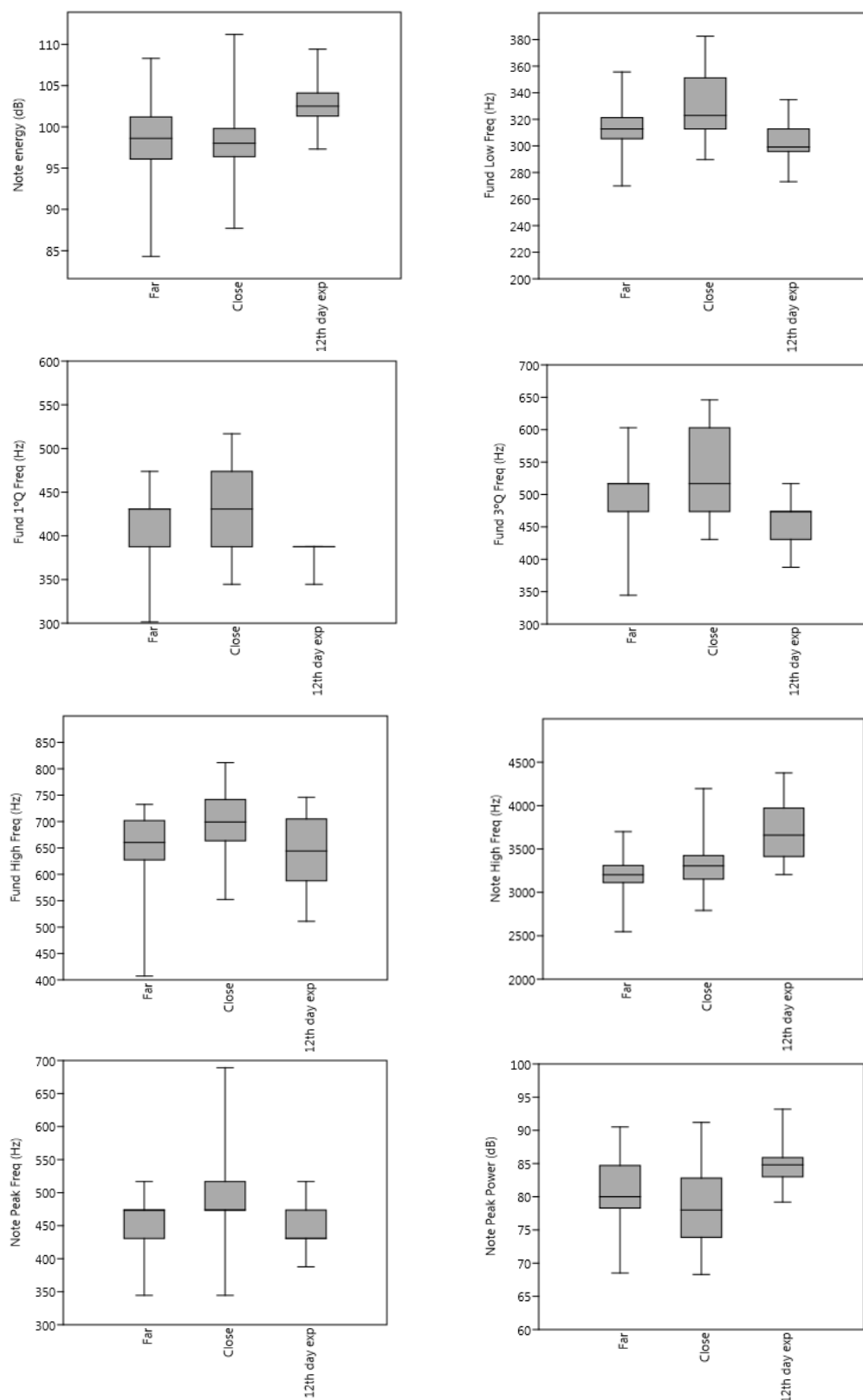


Figura 3. Representação gráfica (boxplot) demonstrando o centro, a dispersão e a assimetria do conjunto de dados para cada parâmetro acústico extraído da vocalização de indivíduos da espécie *P. gracilis* que cantam distante de rodovias, próximo de rodovias e para os indivíduos submetidos aos 12 dias do experimento.

Para avaliar o efeito dos dias de exposição ao ruído sobre os parâmetros vocais analisados foi realizada uma regressão linear (Figura 4). Os resultados referentes a esta análise foram significativos para frequência fundamental máxima ($R^2=0,37$. $F=5,968$. $p=0,034$.) e para frequência fundamental no 1º quartil ($R^2=0,37$. $F=5,926$. $p=0,035$) e no 3º quartil ($R^2=0,38$. $F=6,244$. $p=0,031$). Tais parâmetros apresentaram um padrão de decréscimo dos dados em relação aos dias de exposição ao ruído. Os dados referentes aos demais parâmetros não mostraram resultados significativos para essa análise.

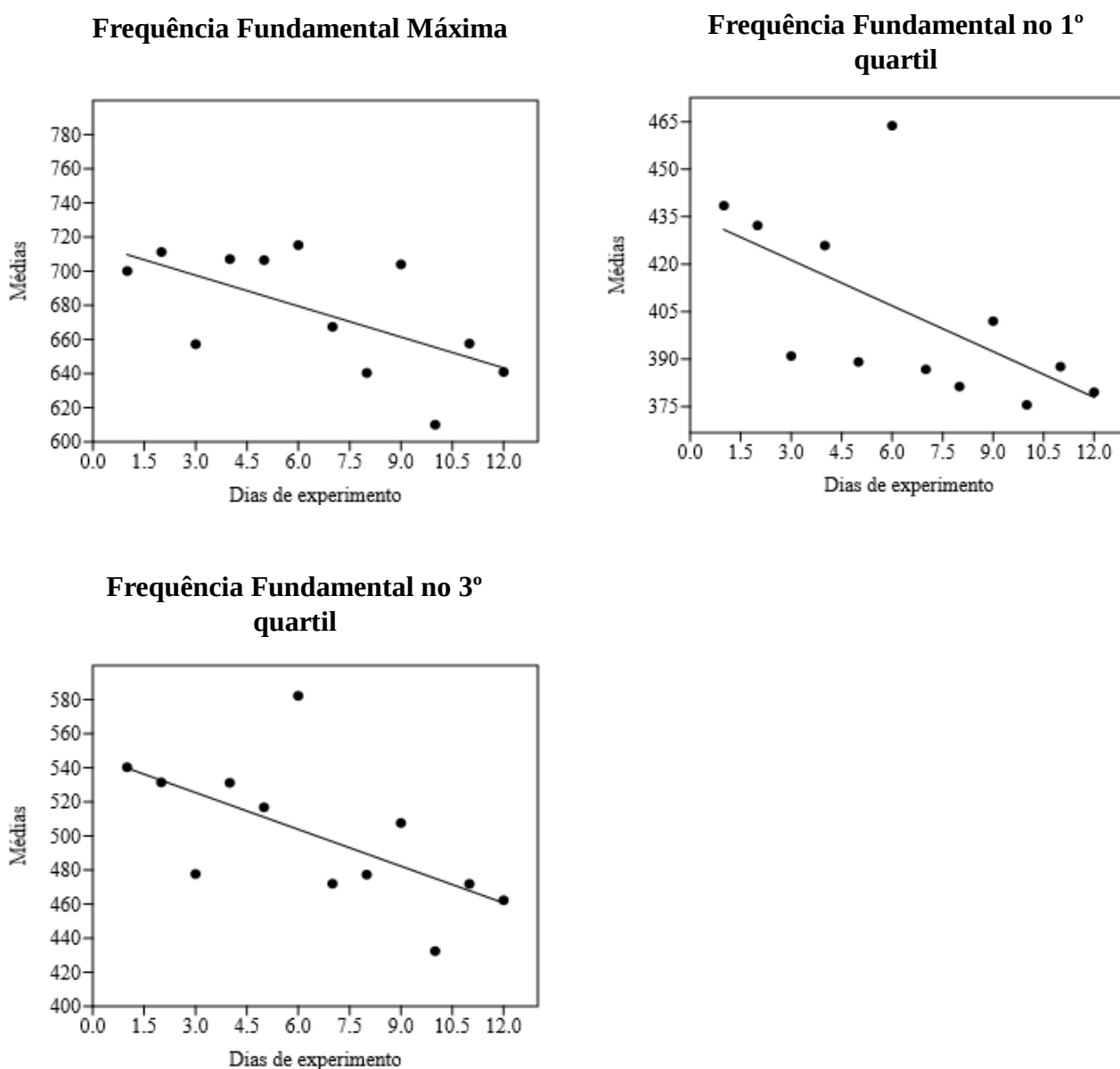


Figura 4. Regressão linear utilizado para avaliar o efeito dos dias de exposição ao ruído sobre a média por dia de experimento para cada parâmetro vocal.

3. DISCUSSÃO

De forma geral, o estudo evidenciou que o canto de *P. gracilis* é influenciado pela presença do ruído rodoviário. Apesar dos resultados semelhantes para parâmetro relacionado à energia nos ambientes próximo e distante de rodovia, todos os parâmetros de frequência analisados juntamente nesta primeira fase do trabalho se mostraram com significativa diferença entre estes, sendo mais elevado no ambiente com a presença de rodovias. Constatamos com isso que a espécie tende a maximizar a transmissão de seu sinal acústico deslocando os valores de frequência a fim de tentar garantir a comunicação intraespecífica e interespecífica com um menor gasto energético. Adaptações semelhantes são verificadas em organismos que utilizam o mecanismo adaptativo conhecido como Hipótese de Adaptação Acústica (BLUMSTEIN e TURNER, 2005; TUBARO e LIJTMAYER, 2006; SEDDON, 2005; NICHOLLS e GOLDZEN, 2006).

Em relação ainda a primeira fase do trabalho, os valores relacionados à amplitude se mostraram menores para os indivíduos que vocalizam próximo de rodovias. Este resultado é explicado pelo fato do ruído antropogênico se apresentar originalmente com baixa frequência e alta amplitude (RHEINDT, 2003; WOOD e YEZERINAC, 2006; MENDES et al., 2010), o que nos leva a constatar que estes indivíduos já acostumados ao ruído por conviverem com ele a longo prazo, adaptam as frequências para se sobressair ao ruído aumentando esses valores e diminuindo a intensidade vocal o que acaba resultando na transmissão do sinal sem gasto energético adicional.

Além de mecanismos adaptativos, de longo prazo, utilizados pelos animais para tentar reduzir o mascaramento existem também mecanismos de curto prazo, reversíveis, relacionadas à plasticidade do sinal com base em ajustes individuais (BRUMM e ZOLLINGER, 2013). Estes ajustes temporários foram relatados em espécies que lidam tanto com ruído biótico (intra e heteroespecífico) como abiótico (vento, córregos). Em geral, os emissores reduzem os efeitos negativos de ruído modificando características do canto como amplitude (PENNA e HAMILTON-WEST, 2007), duração (PENNA, POTTSTOCK e VELASQUEZ, 2005) e frequências (SLABBEKOORN e SMITH, 2002). Em nosso estudo evidenciamos adaptações desta natureza com o experimento de playback, onde os indivíduos ajustaram a maioria dos parâmetros na tentativa de evitar ruídos antropogênicos inabituais e assim transmitir seu sinal com maior eficácia.

Neste ponto é importante destacar o aumento do parâmetro relacionado à amplitude em resposta aos elevados níveis de ruído a qual indivíduos da espécie foram submetidos na

segunda fase do trabalho, confirmando a existência do Efeito Lombard em anuros. Esse mecanismo permite uma regulação em tempo real da relação sinal/ruído proporcionando detecção localização e discriminação do sinal (LOHR, WRIGHT e DOOLING, 2003; POHL et al., 2009). O aumento do parâmetro energia está diretamente relacionado à amplitude uma vez que este se refere à intensidade da onda sonora, ou seja, quanto maior for a sua amplitude maior será a sua intensidade (altura) e consequentemente mais energia será empregada.

O Efeito Lombard, aparentemente é generalizado entre animais que ocupam habitats ruidosos (POTASH, 1972; SINNOTT, STEBBINS e MOODY, 1975; CYNX et al., 1998; BRUMM et al., 2004; LOPEZ et al., 1988; PENNA, POTTSTOCK e VELASQUEZ, 2005; HAGE et al., 2013; DUNLOP, CATO e NOAD, 2014), a literatura pede cuidado especial quanto a presença deste mecanismo em táxa que não sejam mamíferos e aves devido a questões metodológicas que podem resultar em possíveis aditivos ao combinar ondas sonoras de frequências e amplitudes semelhantes (LOVE e BEE, 2010; VÉLEZ, SCHWARTZ e BEE, 2013). Em nosso estudo, para esta análise tomamos o cuidado de excluir as gravações que tinham ruído de fundo (de qualquer tipo) que pudessem influenciar nos resultados. A distância do gravador para com o animal foi padronizada e a posição deste por sua vez era identificada antes do início da gravação nos colocando sempre à frente/acima do animal na tentativa de minimizar dados errôneos. Apesar destas questões técnicas e limitações, o efeito lombard em anuros pode ser mais difundido do que se tem conhecimento atualmente, como se evidencia em outros estudos sobre ruído antropogênico (PARRIS, VELIK-LORD e NORTH, 2009; CUNNINGTON e FAHRIG, 2013).

Neste estudo evidenciamos que o ruído antropogênico causado pelo tráfego altera a vocalização da espécie de estudo alterando os valores dos parâmetros (em dB ou Hz) dependendo do tempo de exposição ao ruído. Evidenciamos que as adaptações em curto prazo se tornam mais dispendiosas energeticamente e por isso não conseguem persistir em longo prazo, fazendo com que o animal adeque parâmetros que não exijam tanto dele. Pela análise dos parâmetros vocais, constatamos que a espécie utiliza mecanismos já descritos na literatura biofônica na tentativa de evitar o mascaramento do seu sinal acústico, como por exemplo, a Hipótese de Adaptação Acústica e o Efeito Lombard.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às agências que apoiaram esta pesquisa, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Erechim, aos colegas de laboratório (João e Raissa) pelo auxílio a campo, emocional e pela cumplicidade.

4. REFERÊNCIAS

AMPHIBIAWEB. 2019. University of California, Berkeley, CA, USA. Disponível em <<https://amphibiaweb.org/maps/index.html>> Acesso em 09 dez 2019.

BAGATINI, T. Evolução dos índices de atropelamento de vertebrados silvestres nas rodovias do entorno da estação ecológica águas emendadas, DF, Brasil, e eficácia de medidas mitigadoras. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Biológicas. Brasília, DF, 2006.

BARBER, J.R.; CROOKS, K.R.; FRISTRUP, K.M. The costs of chronic noise exposure for terrestrial organisms. **Trends Ecology Evolution**. 2010. 25:180–189. doi: 10.1016/j.tree.2009.08.002.

BASTOS, R. P.; MOTTA, J. A. O.; LIMA, L. P.; GUIMARÃES, L. D. Anfíbios da Floresta Nacional de Silvânia, estado de Goiás. Goiânia: **R. P. Bastos**, p.82. 2003.

BLUMSTEIN, D. T.; TURNER, A.C. Can the acoustic adaptation hypothesis predict the structure of Australian birdsong?. **Acta Ethologica**. 2005. 8: 35-44.

BLUMSTEIN, D. T; FERNANDEZ-JURICIC, E. Acoustic Communication and Conservation. In: **A primer of conservation Behavior**. Massachusetts: Sinauer Associates Incorporated. 2010. p. 115-132.

BROTONS, L.; HERRANDO, S. Reduced bird occurrence in pine forest fragments associated with road proximity in a Mediterranean agricultural area. **Landscape and Urban Planning**. 2001, v. 57, n. 2, p. 77-89

BRUMM, H.; VOSS, K.; KOLLMER, I.; TODT, D. Acoustic communication in noise: Regulation of call characteristics in a New World monkey. **The Journal of Experimental Biology**. 2004. 207, 443–448, doi: 10.1242/jeb.00768.

BRUMM, H. et al. Acoustic communication in noise: regulation of call characteristics in a New World monkey. **The Journal of Experimental Biology**. v. 207, n. 3, p. 443-448, 2004.

BRUMM, H.; SLABBEKOORN, H. Acoustic communication in noise. **Advances in the Study of Behavior**, 2005.

BRUMM, H.; ZOLLINGER, S.A. Avian vocal production in noise. In: BRUMM, H. (ed) Animal communication and noise. **Springer Berlin Heidelberg**, Berlin, Heidelberg. 2013. pp 187–227.

CYNX, J.; LEWIS, R.; TAVEL, B.; TSE, H. Amplitude regulation of vocalizations in noise by a songbird, *Taeniopygia guttata*. **Animal Behavior**. 1998. 56:107–113.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. Atlas do Transporte 2006. Disponível em<<http://www.cnt.org.br>>. Acesso em: Mar. 2015.

CUNNINGTON, G.M.; FAHRIG, L. Plasticity in the vocalizations of anurans in response to traffic noise. **Acta Oecologica**. 2010; 36: 463±470.
<https://doi.org/10.1016/j.actao.2010.06.002>.

CUNNINGTON, G.M.; FAHRIG, L. Mate attraction by male anurans in the presence of traffic noise. **Animal Conservation**. 2013. 16:275–285.

DE MAMAN, N. Descrição do canto de *Physalaemus gracilis*. 2019. **Trabalho de conclusão de curso** – Ciências Biológicas- Bacharelado, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- Campus de Erechim, Erechim, 2019.

DEVELEY, P. F.; STOUFFER, P. C. Effects of roads on movements by understory birds in mixed-species flocks in central Amazonian Brazil. **Conservation Biology**, v. 15, n. 5, p. 1416- 1422, 2001

DUELLMAN, W. E.; TRUEB, L. Biology of Amphibians. [S.l.]: **The Johns Hopkins University Press**. 1986. Disponível em: <www.press.jhu.edu>. ISBN 0-8018-4780-X.

DUNLOP, R.A.; CATO, D.H.; NOAD, M.J. Evidence of a Lombard response in migrating humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). **Journal of the Acoustical Society of America**, 2014. 136:430–437.

EIGENBROD, F.; HECNAR, S. J.; FAHRIG, L. Accessible habitat: an improved measure of the effects of habitat loss and roads on wildlife populations. **Landscape Ecology**, v. 23, p.159–168, 2008. migrating humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). **Journal of the Acoustical Society of America**, 2014 136:430–437.

EY, E.; FISCHER, J. The —Acoustic Adaptation Hypothesis— a review of the evidence from birds, anurans and mammals. **Bioacoustics**, 2009. 19, 21-48.

FORMAN, R. T.T. Urban ecology: science of cities. **Cambridge University Press**, 2014.

FRANCIS, C. D.; Kleist, N. J.; DAVIDSON, B. J.; ORTEGA, C. P.; CRUZ, A. Behavioral responses by two songbirds to natural-gas-well compressor noise. **Ornithological Monographs**, 2012. 74:36-46

FRANCIS, C. D.; ORTEGA, C. P.; CRUZ, A. Noise pollution changes avian communities and species Interactions. **Current Biology**, 2009. v. 19, n. 16, p. 1415-1419.

GERHARDT, H. C.; SCHWARTZ, J. J. Auditory Tuning and Frequency Preferences in Anurans. In: RYAN, M. J. Anuran Communication. ISBN 1-56098-973-4. ed. [S.l.]: **Smithsonian Institution Press**, 2001. Cap. 7, p. 73-86.

HAGE, S. R.; JIANG, T.; BERQUIST, S. W.; FENG, J.; METZNER, W. Ambient noise induces independent shifts in call frequency and amplitude within the Lombard effect in echolocating bats. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. 2013, USA 110, 4063–4068, doi: 10.1073/pnas.1211533110.

HAYES, T.B.; FALSO, P.; GALLIPEAU, S.; STICE, M. The cause of global amphibian declines: a developmental endocrinologist's Perspective. **The Journal of Experimental Biology**, 2010. 213:921-933.

HALFWERK, W.; HOLLEMAN, L.J.M.; LESSELLS, C.M.; SLABBEKOORN, H., 2011. Negative impact of traffic noise on avian reproductive success. **Journal of applied ecology**, vol. 48, p. 210-219.

JAEGER, J. A. G. et al. Predicting when animal populations are at risk from roads: An interactive model of road avoidance behavior. **Ecological modeling**: 185, p. 329-348, 2005.

LAURANCE, W. F. et al. Impacts of roads, hunting, and habitat alteration on nocturnal mammals in african rainforests. **Conservation Biology**, Boston, v. 22, p. 721-732, Jan. 2008.

LENGAGNE, T. Traffic noise affects communication behaviour in a breeding anuran, *Hyla arborea*. **Biological Conservation**. v. 141, n. 8, p. 2023–2031, 2008.

LOMBARD, E. Le signe de l'élévation de la voix. **Annales des Maladies de l'Oreille et du Larynx**. v. 37, p. 101-119, 1911.

LOPEZ, P.T.; NARINS, P.M.; LEWIS, E.R.; MOORE, S.W. Acoustically induced call modification in the white-lipped frog, *Leptodactylus albilabris*. **Animal Behavior**. 1988. 36:1295–1308.

LOHR, B.; WRIGHT, T.F.; DOOLING, R.J. Detection and discrimination of natural calls in masking noise by birds: estimating the active space of a signal. **Animal Behavior**. 2003. 65:763–777.

LOVE, E. K.; BEE, M. A. An experimental test of noise-dependent voice amplitude regulation in Cope's grey treefrog, *Hyla chrysoscelis*. **Animal Behavior**. 2010. 80, 509–515, doi: 10.1016/j.anbehav.2010.05.031.

MANABE, K.; SADR, E. I.; DOOLING, R. J. Control of vocal intensity in budgerigars (*Melopsittacus undulatus*): differential reinforcement of vocal intensity and the Lombard effect. **Journal of the Acoustical Society of America**. v.103, n. 2, p. 1190–1198, 1998.

MAZEROLLE, M.; HOUT, M.; GRAVEL, M. Behavior of amphibians on the road in response to car traffic. **Herpetologica**, 2005. 61:380–388.

MCGREGOR, R. L.; BENDER, D. J.; FAHRIG, L. Do small mammals avoid roads because of the traffic? **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 45, p.117- 123, Dec. 2008.

MODKOWSKI, S.P. Revisão dos principais mecanismos de mortalidade direta causados por rodovias sobre a fauna de anuros e proposição de uma nova modalidade a partir de um estudo de caso realizado durante a construção da BR- 448 (Rodovia do Parque), RS, Brasil (2015) **Trabalho de conclusão de especialização** apresentado a Universidade

Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Biociências. Curso de Especialização em Inventariamento e Monitoramento de Fauna.

MENDES, S.; CAVALCANTE, K.V.S.M.; COLINO-RABANAL, V.J.; PERIS, S.J. Evaluación del impacto de la contaminación acústica en el ranzo de vocalización de Paseriformes basaddo en el SIL – “Speech Interference Level”. **Revista de Acústica**, 2010. vol. 41, no. 3-4, p. 33-42.

MORTON, E.S. Ecological sources of selection on avian sounds. **American Naturalist**, 1975.

NARINS, P. M. Effects of masking noise on evoked calling in the Puerto Rican coquí (Anura: Leptodactylidae). **Journal of Comparative Physiology**. 1982. A, Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology 147(4):439-446

NELSON, D. A.; SZEYLLER, E.; POESEL, A. Alerting and message components of white-crowned sparrow song differ in structure and environmental transmission. **Behaviour**. 2016. 153:263-285

NICHOLLS, J. A.; GOLDIZEN, A.W. Habitat type and density influence vocal signal design in satin bowerbird. **Journal of animal**. 2006. 75: 549-558.

OLIVEIRA, V. L. C. Influência do ruído ambiente em canções de um pássaro oscine e um suboscine da mesma população. **Dissertação de Mestrado** apresentada a Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2014.

ORTEGA, C. P. Effects of noise pollution on birds: a brief review of our knowledge. **Ornithological Monographs**. 2012, 74:6-22.

PANAZZOLO, A. P.; FRANTZ, L. C.; AURÉLIO, S. O. S.; COSTA, F. L.; MUÑOZ, C. Gestão ambiental na construção de rodovias – O caso da BR-448 – Rodovia do Parque. 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente. Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 e 27 de abril de 2012.

PARRIS, K.M.; VELIK-LORD, M.; NORTH, J.M.A. Frogs call at a higherpitch in traffic noise. **Ecology and Society**. 2009, 14:25. doi: 3.

PENNA, M.; POTTSTOCK, H.; VELASQUEZ, N. Effect of natural and synthetic noise on evoked vocal responses in a frog of the temperate austral forest. **Animal Behavior**. 2005 70:639–651

PENNA, M.; HAMILTON-WEST, C. Susceptibility of evoked vocal responses to noise exposure in a frog of the temperate austral forest. **Animal Behavior**. 2007. 74:45–56.

PIMENTA, B.V.S.; HADDAD, C.F.B.; NASCIMENTO, L.B.; CRUZ, C.A.G.; POMBAL Jr., J.P. Comment on "status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide". **Science**. 2005. 309(5743).

POHL, N.U.; SLABBEKOORN, H.; KLUMP, G.M.; LANGEMANN, U. Effects of signal features and environmental noise on signal detection in the great tit, *Parus major*. **Animal Behavior**. 2009. 78:1293–1300.

POTASH, L.M. Noise-induced changes in calls of the Japanese quail. **Psychological Science**. 1972. 26:252–254.

RHEINDT, F.E. The impact of roads on birds: Does songs frequency play a role in determining susceptibility to noise pollution? **Journal of Ornithology**. 2003. vol. 144, no. 3. P. 295-306.

ROMANINI, P.U. Rodovias e meio ambiente. Principais impactos ambientais, incorporação da variável ambiental em projetos rodoviários e sistema de gestão ambiental. 2001, 147 f. **Tese (Doutorado em Ciências)**- Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ROTHSTEIN, S. I.; FLEISCHER, R. C. Vocal dialects and the possible relation to honest status signaling in the Brown-Headed Cowbird. **The Condor**, 1987. 89, 1-23.

SCHONEWALD-COX, C.; BUECHNER, M. Park protection and public roads. In: FIELDER, P. L.; JAIN, S. K. (Eds.). **Conservation Biology** - The Theory and practice of nature conservation, preservation and management. London: Chapman and Hall, 1992. p. 375-395.

SHANNON, G.; ANGELONI, L. M.; WITTEMYER, G.; FRISTRUP, K. M.; CROOKS, K. R. Road traffic noise modifies behaviour of a keystone species. **Animal Behaviour**. 2014. 94, 135–141.

SEDDON, N. Ecological adaptation and species recognition drives vocal evolution in neotropical suboscine bird. **Evolution**. 2005. 59: 200-215.

SERA, B. Road-side herbaceous vegetation: life history groups and habitat preferences. **Polish Journal of Ecology**, Lomianki, v. 58, n. 1, p. 69-79, Jan. 2010

SIMONETTI, H. Estudo de impactos ambientais gerados pelas rodovias: sistematização do processo de elaboração de EIA/RIMA. **[Monografia]** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2010.

SINNOTT, J.M.; STEBBINS, W.C.; MOODY, D.B. Regulation of voice amplitude by the monkey. **Journal of the Acoustical Society of America**. 1975 58:412–414.

SLABBEKOORN, H.; SMITH, T.B. Bird song, ecology and speciation. **Philos Trans R Soc London Ser B Biol Sci**. 2002. 357:493 LP-503.

STUART, S. N. et al. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. **Science**, 2004.

SUN, J.; NARINS, P. Anthropogenic sounds differentially affect amphibian call rate.

Biological Conservation. 2005;

121:419-427 <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.05.017>,

TOLEDO, L. F. E C. F. B. HADDAD. Acoustic repertoire and calling behavior of *Scinax fuscomarginatus* (Anura, Hylidae). **Journal of Herpetology**. 2005. 39: 455-464.

TOLEDO, L.F. Anfíbios como bioindicadores. In: Bioindicadores da qualidade ambiental (S. Neumann-Leitão & S. El-Dier, org.). **Instituto Brasileiro Pró-Cidadania**, 2009. Recife, p.196-208.

TUBARO, P. L.; LIJTMAR, D. A. Environmental correlates of song structure in forest grosbeaks and saltators. **The Condor**. 2006.108: 120-129.

WARREN, P.S.; KATTI, M.; ERMANN, M.; BRAZEL, A. Urban bioacoustics: it's not just noise. **Animal Behavior**. 2006. Number: ARV-28R.

WITTE, K. et al. How cricket frog females deal with a noisy world: habitat-related differences in auditory tuning, **Behavioral Ecology**. v. 16, n. 3, p. 571-579, 2005.

WOOD, W. E.; YEZERINAC, S.M. Song Sparrow (*Melospiza melodia*) song varies with urban noise. **The Auk**, 2006 v. 123, n. 3, p. 650-659.

VÉLEZ, A.; SCHWARTZ, J.J.; BEE, M.A. Anuran acoustic signal perception in noisy environments. In: BRUMM, H (ed) Animal communication and noise. **Springer Berlin Heidelberg**, Berlin, Heidelberg. 2013. pp 133-185.

CONCLUSÃO GERAL

Os resultados comprovaram que a presença de ruído rodoviário afeta a vocalização da espécie de estudo, a curto e em longo prazo. É importante, a partir desses resultados, investigar quais são os potenciais danos que esse ajuste vocal pode estar provocando nas populações de *Physalaemus gracilis*. Estudos relatam que o ruído antropogênico afeta funções fisiológicas e comportamentais de várias espécies animais desde o nível de indivíduo até populações e comunidades, mais trabalhos neste sentido devem ser realizados com a espécie estudada ou até mesmo com outras espécies que ocorrem neste mesmo ambiente, a fim de se ter conhecimento de como o ruído rodoviário está impactando essas outras espécies.

O aumento global dos níveis de ruído antropogênico representa uma força seletiva que impõe alterações nos padrões de comunicação das espécies vocalizantes, necessitando estudos mais direcionados para entender melhor as implicações que estas mudanças acarretarão para manutenção das populações.