



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA - CEUB
PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

Donner Abreu de Lara Resende
Laura Melo de Lima Gonçalves

EFEITO DO RUÍDO RODOVIÁRIO NO CANTO DA CHOCA-DE-ASA-VERMELHA
(*THAMNOPHILUS TORQUATUS*)

BRASÍLIA

2022



Donner Abreu de Lara Resende

Laura Melo de Lima Gonçalves

**EFEITO DO RUÍDO RODOVIÁRIO NO CANTO DA CHOCA-DE-ASA-VERMELHA
(*THAMNOPHILUS TORQUATUS*)**

Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica apresentado à Assessoria de Pós-Graduação e Pesquisa.

Orientação: Prof. Dr. Raphael Igor Dias

BRASÍLIA

2022

AGRADECIMENTOS

O presente projeto foi realizado com o apoio do Projeto de Iniciação Científica do CEUB e do CNPq.

Agradecemos ao Dr. Prof. Raphael Igor da Silva Corrêa Dias pelo rigor e dedicação de sua orientação; aos colegas Gabriel Lima de Medeiros e Christyne Xerfan Colares, com quem colaboramos em campo e nas análises; e aos nossos pais que nos auxiliaram em cada etapa ao longo do projeto, por sempre estar dispostos a enfrentar novos desafios juntos a nós e pelo apoio em cada etapa de nossas vidas acadêmicas.

RESUMO

Com o crescente avanço urbano, se faz necessário o uso de linhas de transporte para suprir a necessidade de transportar pessoas e mercadorias pelo país. A presença humana se faz sentir no meio natural pela expansão das rodovias, que trazem consigo a fragmentação de habitats, a redução de qualidade ambiental, níveis elevados de mortalidade da fauna em colisões com veículos, e a poluição sonora. O presente trabalho teve como objetivo avaliar, por meio de um estudo observacional, os impactos dos ruídos rodoviários na comunicação de uma ave territorial, a choca-de-asa-vermelha (*Thamnophilus torquatus*), investigando se eles ocasionam mudanças nos parâmetros acústicos de suas vocalizações e se as aves evitam áreas com maiores níveis de ruído. O estudo foi realizado na Estação Ecológica Águas Emendadas (ESECAE), localizada a cerca de 40km de Brasília, na região administrativa de Planaltina. Os indivíduos da choca-de-asa-vermelha foram capturado, marcados e monitorados em áreas próximas e distantes de rodovias. Os indivíduos foram localizados através de busca ativa e *playbacks* de suas vocalizações. Além das gravações das vocalizações, foi realizado o monitoramento da pressão acústica nas zonas habitadas pela espécie. Observou-se que as áreas localizadas no entorno da ESECAE apresentam maior nível de ruído e são ocupadas por um número menor de indivíduos, diferentemente das áreas no interior da ESECAE, que apresentam baixa influência da poluição sonora. Os resultados observados sugerem que o nível de ruído urbano pode influenciar negativamente as populações da espécie, especialmente devido a potenciais mudanças comportamentais na seleção de habitat e na comunicação intraespecífica.

Palavras-chave: bioacústica; comunicação; rodovias; ruído urbano; seleção de habitat.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	6
OBJETIVOS	7
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
3. MÉTODO	10
ÁREA DE ESTUDO.....	10
OBJETO DE ESTUDO.....	11
PROCEDIMENTO DE CAPTURA E IDENTIFICAÇÃO.....	11
REGISTROS DE PRESSÃO ACÚSTICA.....	12
GRAVAÇÕES.....	12
ASPECTOS ÉTICOS.....	13
ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	17

1. INTRODUÇÃO

As atividades humanas oriundas de populações em crescimento, com padrões de consumo cada vez mais elevados, são responsáveis pela alteração da natureza em escala mundial, pela degradação da qualidade ambiental (GANIVET, 2020) e pela redução dos ambientes naturais (MORANTE-FILHO; BENCHIMOL; FARIA, 2021). A consequência desses efeitos é o colapso da biodiversidade global (IPBES, 2019) e a extinção de espécies (DI MARCO et al., 2018).

A globalização e o crescente avanço urbano são sustentados por uma infraestrutura de transporte em constante expansão que conduz pessoas e mercadorias entre regiões (DULAC, 2013). A malha rodoviária brasileira possui cerca de 1,5 milhões de quilômetros de extensão (BRASIL, 2021), trazendo consigo impactos ambientais como a fragmentação de habitats (KELLER; LARGIADÈR, 2003a), a contaminação química (COFFIN, 2007a; IBRAM, 2018; SPELLERBERG, 1998) e o atropelamento da fauna (ROSA; BAGER, 2012; SILVEIRA MIRANDA; DE MELO; KEICHI UMETSU, 2020; SOARES; DIAS, 2020).

Além de serem afetados por uma série de distúrbios tangíveis ocasionados por essas estruturas, há um reconhecimento crescente de que os animais também sofrem pela presença de poluentes sensoriais como os ruídos produzido pelo trânsito (SENZAKI et al., 2020; WARE et al., 2015). Esses ruídos antropogênicos se sobrepõem aos sons naturais, prejudicando a percepção de sons de interesse e a comunicação acústica de diversas espécies, diminuindo o sucesso de comportamentos essenciais como evitar predadores, a obtenção de alimentos vivos, e a reprodução (DOMINONI et al., 2020a). As aves, que se comunicam principalmente por meio de vocalizações (TOLENTINO, 2015), são um táxon particularmente sensível a esse tipo de interferência. Estudos mostram que um ruído elevado pode favorecer mudanças na execução do canto ou até mesmo mudanças comportamentais relacionadas à comunicação intraespecífica (GRABARCZYK et al., 2020). Essas características fazem com que os membros dessa classe sejam candidatos para o biomonitoramento dos impactos ambientais dos ruídos antrópicos (TOLENTINO, 2015).

O Distrito Federal apresenta-se relativamente bem protegido, em decorrência da criação e oficialização da Reserva da Biosfera do Cerrado. Ela é composta por um conjunto de zonas núcleo, representadas por Unidades de Conservação de proteção integral, zonas tampão, representadas por áreas de 3km em torno das zonas núcleo, e zonas de transição,

que contribuem para o deslocamento da fauna, fazendo com que cerca de 40% de todo o Distrito Federal esteja teoricamente protegido por Unidades de Conservação (SALGADO; GALINKIN, 2004). Entretanto, todas as Unidades de Conservação do Distrito Federal são circundadas por rodovias, e o fluxo intenso de veículos em muitas delas resulta em danos significativos para a biodiversidade (SANTOS, 2017). Inserido nesse contexto, o presente estudo aprofunda o conhecimento sobre um dos impactos secundários das rodovias, o ruído veicular, utilizando como objeto de estudo a choca-de-asa-vermelha (*Thamnophilus torquatus*), uma ave territorial da família Thamnophilidae.

OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho é avaliar os efeitos do ruído proveniente das rodovias que cercam a ESECAE na comunicação acústica da população local da choca-de-asa-vermelha. Será investigado, através de análises bioacústicas, se o ruído veicular está associado a mudanças nos parâmetros acústicos das vocalizações desta ave. Adicionalmente, procura-se saber se indivíduos evitam ocupar áreas com maior nível de ruído.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A enorme influência exercida pelo ser humano no meio natural é reconhecida e registrada historicamente. A expansão das populações humanas está relacionada ao aumento no uso de recursos naturais (GANIVET, 2020), à maior ocupação do solo (BORRELLI et al., 2017), à redução de áreas recobertas por vegetação nativa (MORANTE-FILHO; BENCHIMOL; FARIA, 2021) e à eliminação de espécies silvestres por caça (PRICE; GITTLEMAN, 2007) e por interações com espécies exóticas invasoras introduzidas pelo ser humano (IPBES, 2019). Muitas das emissões antropogênicas se acumulam ao longo do tempo e estão associadas a impactos em larga escala, como as mudanças climáticas (BRODIE; POST; DOAK, 2012) e a acidificação dos oceanos (BITTER et al., 2021). A expansão da malha rodoviária contribui para aumentar os impactos na biodiversidade (D'AMICO et al., 2018). Estudos anteriores já demonstraram que as rodovias contribuem com a contaminação do ar, da água e do solo, a alteração do transporte de sedimentos, da hidrologia e do microclima local (COFFIN, 2007a; SPELLERBERG, 1998), o aumento na proporção das áreas sujeitas ao efeito de borda

(PSCHEIDT et al., 2018), e para a mortalidade da fauna por atropelamento (ROSA; BAGER, 2012; SILVEIRA MIRANDA; DE MELO; KEICHI UMETSU, 2020; SOARES; DIAS, 2020). Ao atravessarem comunidades ecológicas, as rodovias podem interromper o fluxo gênico (ESPERANDIO et al., 2019; KELLER; LARGIADÈR, 2003) e provocarem mudanças comportamentais nas espécies, que podem incluir padrões de movimentação, reprodução (BISSONETTE; ROSA, 2012) e distribuição (OLIVEIRA, 2020a).

Efeitos secundários das rodovias estão relacionados à poluição sonora produzida pelos veículos que trafegam sobre elas. Sabe-se que aves expostas a ruídos antropogênicos podem experimentar um conjunto complexo de efeitos adversos que incluem desde a manutenção de níveis altos de estresse (KLEIST et al., 2018) até a perda da audição (MARLER et al., 1973). Além disso, um estudo experimental recente demonstrou que algumas espécies de aves são atraídas para áreas com elevado nível de ruído rodoviário durante o período reprodutivo (HENNIGAR; ETHIER; WILSON, 2019). Porém, o principal efeito dos ruídos antropogênicos é a capacidade de alterar ou dificultar a comunicação acústica dos animais (REY-BAQUERO et al., 2021), estando ela presente em vários grupos taxonômicos, de invertebrados à mamíferos (BRUMM, 2004; PODOS, 2001; SANDOVAL et al., 2021; SILK et al., 2018). Em aves, sinais sonoros vocais e não vocais apresentam funções complexas e fundamentais nas espécies. Eles são usados para comunicar sobre recursos disponíveis, coordenar deslocamento, avisar sobre perigos, atrair parceiros, defender territórios, dentre outras funções (BRADBURY, JACK; VEHRENCAMP, 1998). Em algumas espécies, sons não vocais são usados para defender territórios, como é o caso do tamborilado em pica-paus (MILES, 2018) ou podem comunicar informações sobre o risco de predação, como o barulho de chocalho produzido pelas asas da rolinha fogo-apagou, *Columbina squammata* (AMORIM; DIAS, 2021).

A ocorrência de ruídos reduz a capacidade dos organismos perceberem algumas bandas de frequência específicas, influenciando a comunicação em ambientes com maior nível de ruído (FRANCIS; BARBER, 2013). Um dos principais obstáculos à comunicação acústica em ambientes com elevado ruído antropogênico é o fenômeno conhecido como mascaramento, onde a presença de ruído em uma localidade interfere na percepção de outros sons de interesse, inclusive sinais acústicos produzidos para fins de comunicação (RADFORD; KERRIDGE; SIMPSON, 2014). O efeito de mascaramento é acentuado quando o som de interesse e o ruído de fundo são da mesma frequência (HABIB; BAYNE; BOUTIN, 2006). Para os animais receptores, esse efeito ofusca os sons, que podem ser ouvidos incorretamente ou

mesmo nem ser ouvidos (ZHOU; RADFORD; MAGRATH, 2019). O mascaramento de sinais importantes para defesa e atração de parceiros pode afetar negativamente o sucesso reprodutivo dessas aves, dependendo da sobreposição no espaço, tempo e frequência entre ruídos e vocalizações, podendo afetar a qualidade de um habitat para reprodução (HALFWERK et al., 2011). Como resultado, as aves tendem a evitar a sobreposição da vocalização com o ruído, modulando parâmetros acústicos da comunicação (WILKINS; SEDDON; SAFRAN, 2013). Outra estratégia é produzir vocalizações redundantes como uma forma de aumentar a chance de sucesso na comunicação acústica (BRUMM; ZOLLINGER, 2013).

Resultados de diferentes estudos já demonstraram respostas de organismos à ocorrência de ruídos ambientais, sugerindo a ocorrência de certa plasticidade nos sinais produzidos (BRUMM; ZOLLINGER, 2013; HIGHAM et al., 2021). Diferentes estudos já demonstraram que os ruídos antropogênicos podem influenciar os parâmetros acústicos produzidos pelas aves. Resultados demonstraram que em fragmentos florestais próximos de áreas urbanas algumas espécies de pássaros suboscines como o soldadinho (*Antilophia galeata*), o cabeçudo (*Leptopogon amaurocephalus*) e o bico-chato-de-orelha-preta (*Tolmomyias sulphurescens*) produziram uma frequência dominante mais alta em áreas com elevado ruído urbano, demonstrando que essas espécies podem ser sensíveis a esse fator ambiental (TOLENTINO; BAESSE; MELO, 2018). Similarmente, já foi demonstrado que aves que ocupam regiões próximas a aeroportos tendem a evitar os momentos de pico de tráfego aéreo pela manhã, antecipando o coro matutino (GIL et al., 2015). No entanto, estudos recentes sugerem que na região Neotropical o efeito nas aves seja mais espécie-específico (ALQUEZAR et al., 2020).

O ruído derivado do fluxo de veículos em rodovias é também um fator que influencia a plasticidade fenotípica na vocalização de aves. O ruído registrado em estradas é composto por uma maior intensidade nas frequências mais baixas, em torno de 1,5 kHz (SLABBEKOORN; RIPMEESTER, 2008; SWADDLE et al., 2015). Esse tipo de interferência sonora pode causar distrações, que alteram a vigilância, a busca por alimentos e a relação com predadores (DOMINONI et al., 2020). O aumento do tráfego, e conseqüentemente da produção de ruídos, pode promover mudanças em parâmetros acústicos de aves. Estudos com o piui-verdadeiro (*Contopus virens*) demonstraram que a frequência e a duração do canto diminuíram de maneira inversa ao som das rodovias (GENTRY; MCKENNA; LUTHER, 2018). Um estudo recente demonstrou também que áreas próximas à rodovias apresentam uma maior complexidade

acústica e que essa condição pode afetar cada espécie de uma comunidade ecológica de uma forma particular. Algumas espécies, como o João-bobo (*Nystalus maculatus*), por exemplo, podem evitar locais em que o ruído é mais intenso (OLIVEIRA, 2020). Outras espécies como o Rouxinol (*Luscinia megarhynchos*), regulam a intensidade vocal dependendo da quantidade de ruído, especialmente se esse ruído é emitido na mesma banda de frequência que seu canto (BRUMM; TODT, 2002).

No entanto, pouco se sabe sobre a repercussão das mudanças nos parâmetros acústicos no comportamento e reprodução das aves (BUXTON et al., 2017). O ruído antropogênico tem o potencial de encobrir a comunicação acústica das aves, prejudicando a troca de informação entre parceiros reprodutivos e a percepção de perigo, por exemplo (BRUMM; SLABBEKOORN, 2005; ZHOU et al., 2019). A choca-de-asa-vermelha (*Thamnophilus torquatus*) é uma espécie insetívora da família Thamnophilidae, sexualmente dimórfica e com uma grande distribuição na região do Brasil central (ZIMMER; ISLER, 2020). A espécie ocupa áreas de borda de mata e cerrados, onde defende territórios produzindo um canto longo e de alta intensidade.

3. MÉTODO

ÁREA DE ESTUDO

O estudo observacional foi realizado na Estação Ecológica de Águas Emendadas (ESECAE) e seus entornos. Essa Unidade de Conservação apresenta aproximadamente 10.500ha e está localizada entre propriedades rurais na região administrativa de Planaltina, a cerca de 46km da região central de Brasília. Ela é rodeada pelas rodovias BR-10, BR-30, DF-205, DF-128 e DF-131 (GOOGLE MAPS, 2022). A região apresenta um clima considerado subtropical, caracterizado por uma estação fria e seca no inverno e outra quente e úmida no verão (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). A paisagem da Unidade de Conservação é composta por fisionomias que variam desde áreas campestres até vegetações mais densas como Cerradão e Matas de Galeria (FELFILI et al., 2008).

OBJETO DE ESTUDO

A choca-de-asa-vermelha é um pássaro insetívoro da família *Thamnophilidae*, com uma grande distribuição na região do Brasil central, ocupando áreas de borda de mata e cerrados (ZIMMER; ISLER, 2020). Medem em média quatorze centímetros de comprimento e possuem o rosto e dorso cinzas e asas ferrugíneas que deram origem ao nome comum. A espécie apresenta um dimorfismo sexual marcante: os machos têm uma plumagem mais contrastante, com uma crista preta, o peito branco com barras pretas, ventre cinza e uma cauda com listras pretas e brancas; as fêmeas são mais amarronzadas, com a crista e a cauda do mesmo tom acobreado das asas, a barriga e o peito castanho claro, apresentando barras desbotadas no peito e na cauda. Ambos os sexos ajudam a defender o território do casal usando uma vocalização territorial (“canto”) longa de muitas notas. Outras vocalizações emitidas pela choca-de-asa-vermelha incluem chamados curtos produzidos principalmente em contextos sociais específicos entre parceiros sexuais.

Na ESECAE, parte da população ocupa regiões periféricas da unidade, com indivíduos defendendo territórios próximos às rodovias. A espécie é relativamente abundante, de fácil identificação e captura, apresentando características ótimas para ser utilizada como modelo para o teste de hipóteses envolvendo os efeitos dos ruídos antropogênicos.

PROCEDIMENTO DE CAPTURA E IDENTIFICAÇÃO

Os indivíduos foram localizados através de buscas ativas e da execução de *playbacks*. Sempre que indivíduos sem registro prévio eram encontrados, foram marcadas as coordenadas geográficas (latitude e longitude) dos pontos onde foram observados, para caracterizar a posição geográfica do território. Também era feita a demarcação do local com uma fita biodegradável de coloração rosa amarrada a alguma estrutura saliente. Para a captura dos indivíduos ainda sem identificação, foram montadas redes de neblina (14x3m e 6x3m) entre 06:00 e 11:00 e os indivíduos foram atraídos com *playbacks*. Após capturados, os indivíduos foram medidos com um paquímetro (precisão 0,02) e tiveram sua massa corporal estimada com uma balança de mola (Pesola®). Os indivíduos foram identificados com uma combinação única de 4 anilhas coloridas, duas em cada perna, e liberados na sequência. Esse

procedimento permitiu associar as vocalizações gravadas em uma etapa posterior à ave específica que as emitiu.

REGISTROS DE PRESSÃO ACÚSTICA

Foram efetuadas medidas de pressão sonora em dBA usando o decibelímetro digital Akrom KR863 em diferentes partes da ESECAE e seus entornos. Cada registro de dBA era acompanhado pela data, o horário, e as coordenadas GPS do local do registro. Esses dados foram utilizados para construir um mapa do nível de ruído médio em diferentes áreas da ESECAE.

As medidas foram feitas entre 6:30 e 11:30, durante percursos feitos a pé, com ou sem *playback*. Caso não fossem registradas vocalizações da choca-de-asa-vermelha durante a busca ativa, registros instantâneos da pressão sonora eram feitos a cada cinco minutos. A distância percorrida entre medidas variava entre 0 e 400m. Quando uma vocalização de choca-de-asa-vermelha era detectada, era feita uma tentativa de se aproximar do indivíduo, chegando a uma distância linear máxima de 15m do animal. Buscava-se determinar visualmente o sexo do indivíduo e a sequência de cores de suas anilhas, se presentes. Enquanto a ave continuava a vocalizar, eram registradas a pressão auditiva do instante que antecedia as vocalizações, assim como dos intervalos silenciosos entre as vocalizações.

Os registros foram utilizados para criar um mapa do ruído médio nas áreas percorridas usando o programa QGIS 3.16.14 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2022). Nesse mapa também foram destacadas as posições geográficas dos diferentes territórios das chocas-de-asa-vermelha.

GRAVAÇÕES

Os territórios identificados foram monitorados, sendo realizadas gravações das comunicações acústicas dos indivíduos. Os indivíduos foram acompanhados enquanto permaneciam vocalizando e todas as vocalizações foram gravadas. As gravações foram realizadas com o gravador digital Marantz PMD 660 (16-bit precisão e 44.1 Hz taxa de amostragem), conectado a um microfone unidirecional Sennheiser K6/ME66. As gravações foram realizadas a uma distância linear máxima de 15 m entre o microfone e a ave. Durante a

gravação foram registradas informações sobre o sexo e sobre a combinação de anilhas do indivíduo que estava vocalizando. Durante a gravação também foi medido o nível de ruído ambiental com o decibelímetro.

ASPECTOS ÉTICOS

O presente estudo foi realizado de acordo com a legislação brasileira e os procedimentos de captura foram realizados de acordo com a autorização do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO (N.º 32375-10), e do Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal – IBRAM (SEI-GDF N.º 45469152/2020), seguindo os preceitos das boas práticas no uso de animais em pesquisa, conforme aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do UniCEUB – CEUA (Parecer nº 006.19).

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Apenas as gravações de alta qualidade foram utilizadas para as análises (DTF = 512; resolução temporal = 11,6ms; resolução de frequência = 124 Hz). Foi aplicado um filtro para a remoção de frequências inferiores a 1 kHz, visando reduzir o ruído de fundo. Os parâmetros acústicos das notas individuais de cada vocalização gravada da choca-de-asa-vermelha foram obtidas utilizando o *software* Raven Pro 1.6 (CENTER FOR CONSERVATION BIOACOUSTICS, 2019). Para cada nota, foram medidos o tempo de início e de fim, assim como a frequência dominante (frequência contendo a maior parte da energia acústica). Na sequência, todas as notas pertencentes a uma mesma vocalização foram atribuídas um mesmo número de identificação, permitindo calcular os seguintes dados sobre cada vocalização: a duração total (do início da primeira nota até o final da última nota), o número de notas, a razão entre o número de notas e a duração total, e a frequência dominante média.

Para investigar o efeito do ruído na duração, no número de notas produzidas e na frequência máxima do canto territorial, foram ajustados modelos lineares mistos. Foram utilizados GLMMs da família Gaussiana para avaliar os efeitos na duração e frequência máxima e da família Poisson para investigar o efeito no número de notas produzidas. Os dados descritivos foram apresentados na forma de média \pm desvio padrão. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa R (R CORE TEAM, 2022).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em média, a duração do canto territorial da choca-de-asa-vermelha foi de 3.10 ± 0.44 segundos. Ao investigar o efeito do nível de ruído na duração do canto, percebeu-se uma influência significativa negativa do ruído ($\chi^2 = 6,91$; $P = 0,009$). Quanto maior o nível de ruído, menor foi a duração do canto.

Por outro lado, o nível de ruído não estava associado ao número de notas produzidas pelas aves ($\chi^2 = 1,13$; $P = 0,287$). Foi observado que os indivíduos produziram, em média, 12.84 ± 2.19 notas por canto produzido.

Adicionalmente, foi observado um efeito significativo do nível de ruído na frequência dominante produzida. Momentos em que o nível de ruído foi mais elevado estava associado a produção de uma frequência dominante mais elevada ($\chi^2 = 4,70$; $P = 0,030$). Em média, a frequência dominante dos cantos territoriais foi de $2305,86 \pm 130.46$ Hz.

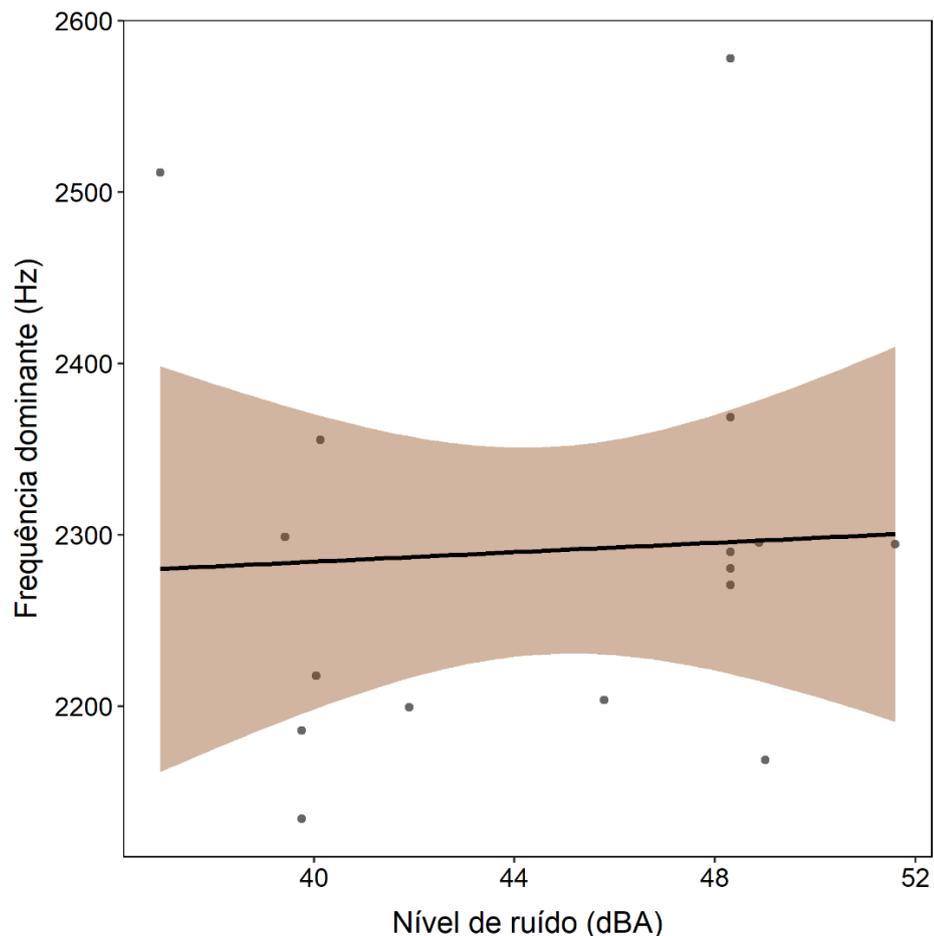


Figura 1. Frequência dominante das vocalizações territoriais em relação a média do nível de ruído (dBa) no local.

Ao investigar como o nível de ruído variou entre áreas que possuíam alta ($43,06 \pm 7,501$ dB) e baixa ($52,77 \pm 7,27$ dB) densidade de territórios, observou-se que as áreas com maior densidade de territórios apresentaram, em média, um ruído significativamente menor ($t = -18,65$; $P < 0,001$).

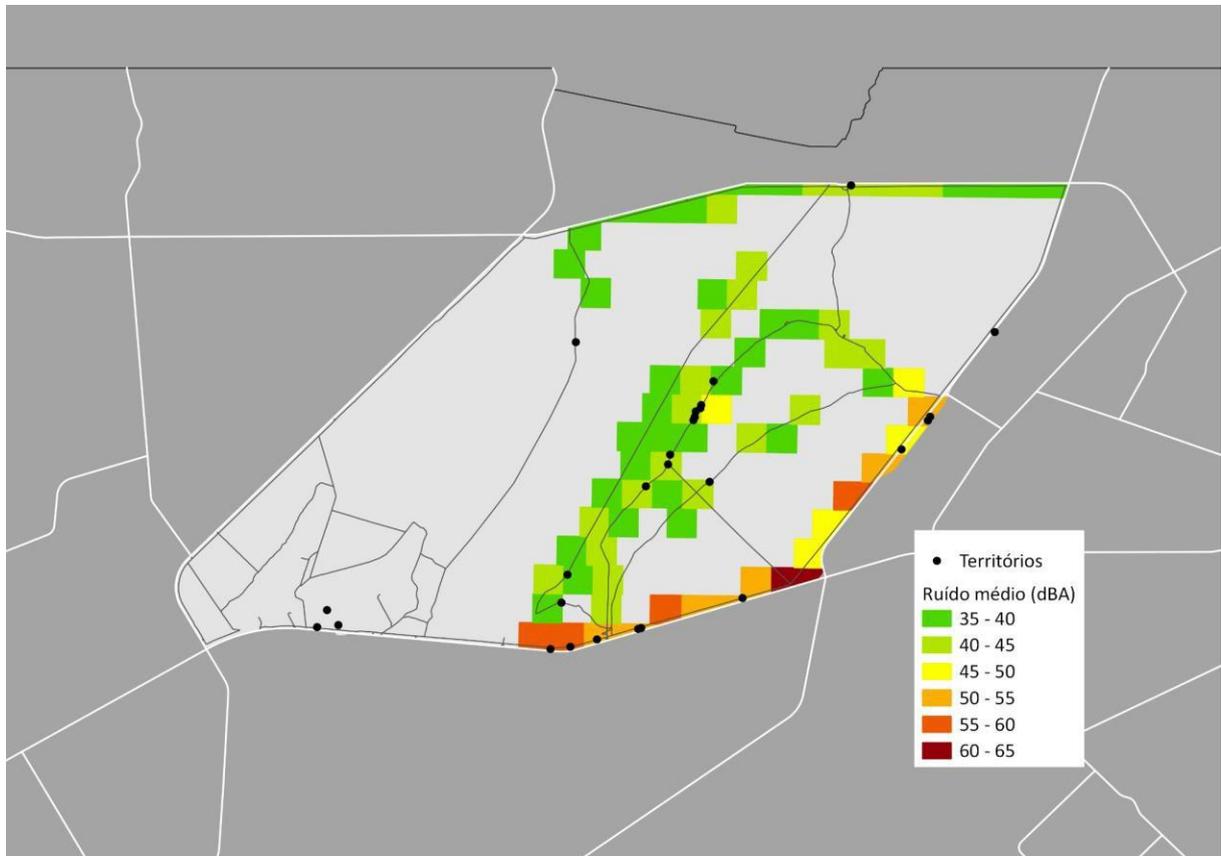


Figura 2. Mapa do ruído médio (dBA) das zonas registradas e da localização dos territórios identificados. O mapa inclui a área principal da ESECAE (cinza claro).

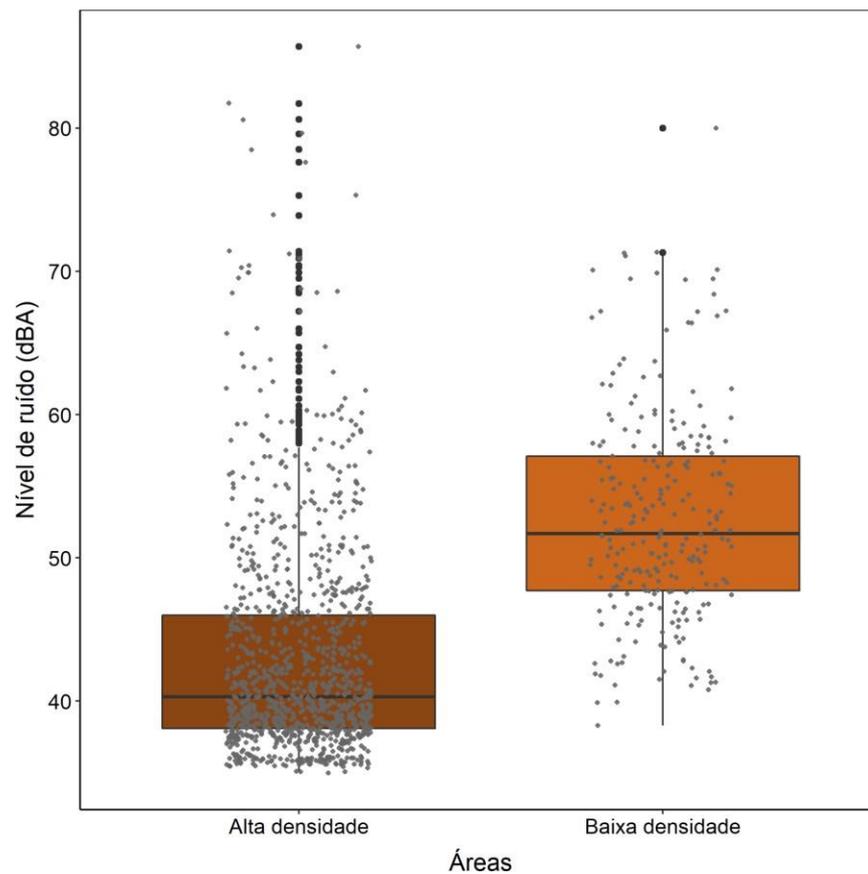


Figura 3. Nível de ruído (dBA) em áreas com maior densidade de territórios e áreas com menor densidade de territórios.

Os benefícios socioeconômicos das rodovias são contrabalanceados pelos seus impactos negativos nos elementos físico-químicos e bióticos dos ambientes. Elas representam uma barreira para processos naturais, além de serem fonte de poluição (COFFIN, 2007). Conforme o esperado, foram observadas alterações nos parâmetros da vocalização territorial da choca-de-asa-vermelha de acordo com o nível de ruído rodoviário no local: quanto maior a pressão acústica, menor a duração, e conjuntamente maior a frequência dominante produzida nos cantos. Locais com alta densidade de territórios apresentam menores níveis de pressão acústica do que locais com poucos territórios, sugerindo que a choca-de-asa-vermelha prefere ocupar áreas menos afetadas por poluição sonora.

Os resultados obtidos por esta pesquisa são corroborados por outros trabalhos que focam na bioacústica das aves expostas a ruídos antropogênicos (NEMETH; BRUMM, 2009; SLABBEKOORN; DEN BOER-VISSER, 2006; SLABBEKOORN; PEET, 2003; TOLENTINO; BAESSE; MELO, 2018). As alterações podem ser uma adaptação para melhorar a qualidade do sinal

acústico. A frequência do canto da choca é relativamente baixa, fazendo com que essa vocalização seja particularmente suscetível ao mascaramento pelo ruído de baixa frequência da rodovia; o aumento da frequência do canto diminui esse efeito e preserva melhor o sinal (NEMETH; BRUMM, 2009). Um estudo que identificou outras espécies de aves que apresentam vocalizações mais curtas em contextos de poluição sonora propõe que isso também pode ser adaptativo, pois sinais mais breves são menos distorcidos em seu percurso até as aves receptoras (TOLENTINO; BAESSE; MELO, 2018).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Associando os dados sobre o ruído e a análise bioacústica das gravações, foi possível concluir que o ruído das rodovias que cercam o local de estudo está correlacionado a mudanças estatisticamente significativas em parâmetros acústicos da vocalização territorial da choca-de-asa-vermelha: os cantos são mais acelerados e a frequência dominante é mais elevada em locais com maior influência da poluição sonora.

Uma limitação inerente de estudos observacionais é a incapacidade de isolar perfeitamente a variável de interesse de outras influências. As rodovias estão associadas a outros distúrbios antropogênicos além do ruído, os quais podem ter contribuído aos resultados obtidos (INJAIAN; TAFF; PATRICELLI, 2018). Ademais, como os animais estudados permaneciam em territórios fixos, sem se aproximar nem se afastar das fontes de poluição sonora, não foi possível determinar se as diferenças observadas resultam de uma plasticidade da emissão do sinal, ou se os parâmetros acústicos das vocalizações dos indivíduos são fixos. Conseqüentemente, será desenvolvida uma pesquisa de campo complementar com uma abordagem experimental para esclarecer a relação entre as variáveis e para aprofundar os conhecimentos sobre a ecologia comportamental da choca-de-asa-vermelha.

REFERÊNCIAS

- ALQUEZAR, R. D. et al. Lack of consistent responses to aircraft noise in dawn song timing of bird populations near tropical airports. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 74, n. 7, p. 1–12, 19 jul. 2020.
- AMORIM, P. S.; DIAS, R. I. A non-vocal alarm? Effects of wing trill playbacks on antipredator responses in the scaled dove. **acta ethologica**, v. 24, n. 2, 15 jun. 2021.
- BISSONETTE, J. A.; ROSA, S. An evaluation of a mitigation strategy for deer-vehicle collisions. **Wildlife Biology**, v. 18, n. 4, dez. 2012.
- BITTER, M. C. et al. Magnitude and Predictability of pH Fluctuations Shape Plastic Responses to Ocean Acidification. **The American Naturalist**, v. 197, n. 4, 1 abr. 2021.
- BORRELLI, P. et al. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. **Nature Communications**, v. 8, n. 1, p. 1–13, 8 dez. 2017.
- BRADBURY, JACK; VEHRENCAMP, S. **Principles of Animal Communication**. [s.l: s.n.].
- BRASIL. **Síntese - Setor Rodoviário. Ministério da Infraestrutura**, 2021.
- BRODIE, J. F.; POST, E. S.; DOAK, D. F. **Wildlife conservation in a changing climate**. Chicago, USA: University of Chicago Press, 2012.
- 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, maio 2004.
- BRUMM, H.; TODT, D. Noise-dependent song amplitude regulation in a territorial songbird. **Animal Behaviour**, v. 63, n. 5, p. 891–897, maio 2002.
- BRUMM, H.; ZOLLINGER, S. A. Avian Vocal Production in Noise. Em: [s.l: s.n.].
- BUXTON, R. T. et al. Visitor noise at a nesting colony alters the behavior of a coastal seabird. **Marine Ecology Progress Series**, v. 570, 27 abr. 2017.
- CENTER FOR CONSERVATION BIOACOUSTICS. **Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software**. IthacaThe Cornell Lab of Ornithology, , 2019. Disponível em: <<http://ravensoundsoftware.com/>>. Acesso em: 27 ago. 2021
- COFFIN, A. W. From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. **Journal of Transport Geography**, v. 15, n. 5, p. 396–406, set. 2007.

- D'AMICO, M. et al. Twenty years of Road Ecology: a Topical Collection looking forward for new perspectives. **European Journal of Wildlife Research**, v. 64, n. 3, p. 26, 21 jun. 2018.
- DI MARCO, M. et al. Changes in human footprint drive changes in species extinction risk. **Nature Communications**, v. 9, n. 1, 5 dez. 2018.
- DOMINONI, D. M. et al. Why conservation biology can benefit from sensory ecology. **Nature Ecology and Evolution**, v. 4, n. 4, p. 502–511, 1 abr. 2020.
- DULAC, J. **Global land transport infrastructure requirements: estimating road and railway infrastructure capacity and costs to 2050**. Paris, France: [s.n.]. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.378.8623&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2021.
- ESPERANDIO, I. B. et al. Do roads act as a barrier to gene flow of subterranean small mammals? A case study with *Ctenomys minutus*. **Conservation Genetics**, v. 20, n. 2, 4 abr. 2019.
- FELFILI, J. M. et al. Fitofisionomias e flora. Em: **Fernando Oliveira Fonseca (Org.). Águas Emendadas**. 1. ed. Brasília: SEDUMA, 2008. p. 152–155.
- GANIVET, E. Growth in human population and consumption both need to be addressed to reach an ecologically sustainable future. **Environment, Development and Sustainability**, v. 22, n. 6, 21 ago. 2020.
- GENTRY, K. E.; MCKENNA, M. F.; LUTHER, D. A. Evidence of suboscine song plasticity in response to traffic noise fluctuations and temporary road closures. **Bioacoustics**, v. 27, n. 2, 3 abr. 2018.
- GIL, D. et al. Birds living near airports advance their dawn chorus and reduce overlap with aircraft noise. **Behavioral Ecology**, v. 26, n. 2, 2015.
- GRABARCZYK, E. E. et al. Anthropogenic noise affects female, not male house wren response to change in signaling network. **Ethology**, v. 126, n. 11, 20 nov. 2020.
- HABIB, L.; BAYNE, E. M.; BOUTIN, S. Chronic industrial noise affects pairing success and age structure of ovenbirds *Seiurus aurocapilla*. **Journal of Applied Ecology**, v. 44, n. 1, 12 set. 2006.
- HALFWERK, W. et al. Negative impact of traffic noise on avian reproductive success. **Journal of Applied Ecology**, v. 48, n. 1, p. 210–219, fev. 2011.
- HENNIGAR, B.; ETHIER, J. P.; WILSON, D. R. Experimental traffic noise attracts birds during the breeding season. **Behavioral Ecology**, v. 30, n. 6, 8 nov. 2019.
- HIGHAM, V. et al. Traffic noise drives an immediate increase in call pitch in an urban frog. **Journal of Zoology**, v. 313, n. 4, 9 abr. 2021.

IBRAM. **Atropelamento de fauna – problemas e consequências**. Disponível em: <<https://www.ibram.df.gov.br/atropelamento-de-fauna-problemas-e-consequencias/>>. Acesso em: 9 ago. 2022.

INJAIAN, A. S.; TAFF, C. C.; PATRICELLI, G. L. Experimental anthropogenic noise impacts avian parental behaviour, nestling growth and nestling oxidative stress. **Animal Behaviour**, v. 136, p. 31–39, 1 fev. 2018.

IPBES. **Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services**. Bonn, Germany: [s.n.]. Disponível em: <<https://ipbes.net/global-assessment>>. Acesso em: 6 set. 2021.

KELLER, I.; LARGIADÈR, C. R. Recent habitat fragmentation caused by major roads leads to reduction of gene flow and loss of genetic variability in ground beetles. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 270, n. 1513, 22 fev. 2003.

KLEIST, N. J. et al. Chronic anthropogenic noise disrupts glucocorticoid signaling and has multiple effects on fitness in an avian community. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 115, n. 4, 23 jan. 2018.

MARLER, P. et al. Effects of Continuous Noise on Avian Hearing and Vocal Development. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 70, n. 5, 1 maio 1973.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. **Oficina de Texto**, v. 22, 2007.

MILES, M. C. Macroevolutionary patterning of woodpecker drums reveals how sexual selection elaborates signals under constraint. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 2018.

MORANTE-FILHO, J. C.; BENCHIMOL, M.; FARIA, D. Landscape composition is the strongest determinant of bird occupancy patterns in tropical forest patches. **Landscape Ecology**, v. 36, n. 1, 24 jan. 2021.

NEMETH, E.; BRUMM, H. Blackbirds sing higher-pitched songs in cities: adaptation to habitat acoustics or side-effect of urbanization? **Animal Behaviour**, v. 78, n. 3, set. 2009.

OLIVEIRA, E. **Efeitos da poluição sonora em comunidades de aves do Cerrado: o impacto das rodovias**. [s.l.] Universidade Federal de Uberlândia, 18 fev. 2020.

PODOS, J. Correlated evolution of morphology and vocal signal structure in Darwin's finches. **Nature**, v. 409, n. 6817, jan. 2001.

PRICE, S. A.; GITTLEMAN, J. L. Hunting to extinction: biology and regional economy influence extinction risk and the impact of hunting in artiodactyls. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 274, n. 1620, 7 ago. 2007.

PSCHEIDT, F. et al. Edge effect as source of heterogeneity of the tree component in an araucaria forest in southern Brazil. **Ciencia Florestal**, v. 28, n. 2, p. 601–612, 1 abr. 2018.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**. QGIS Association, , 2022. Disponível em: <<https://www.qgis.org>>. Acesso em: 12 ago. 2022.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. ViennaR Foundation for Statistical Computing, , 2022. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 27 ago. 2021.

RADFORD, A. N.; KERRIDGE, E.; SIMPSON, S. D. Acoustic communication in a noisy world: can fish compete with anthropogenic noise? **Behavioral Ecology**, v. 25, n. 5, p. 1022–1030, 1 set. 2014.

REY-BAQUERO, M. P. et al. Understanding Effects of Whale-Watching Vessel Noise on Humpback Whale Song in the North Pacific Coast of Colombia With Propagation Models of Masking and Acoustic Data Observations. **Frontiers in Marine Science**, v. 8, 25 mar. 2021.

ROSA, C. A. DA; BAGER, A. Seasonality and habitat types affect roadkill of neotropical birds. **Journal of Environmental Management**, v. 97, abr. 2012.

SALGADO, G. S. M.; GALINKIN, M. **Reserva da Biosfera do Cerrado, um Patrimônio de Brasília ± Avaliação dos Dez Anos de Criação da Reserva da Biosfera do Cerrado**. Brasília, Brasil: [s.n.].

SANDOVAL, L. et al. Male orientation on vocalization perches could optimize acoustic signal transmission in anurans. **Ethology**, v. 127, n. 1, 20 jan. 2021.

SANTOS, R. A. L. **Dinâmica de atropelamento de fauna silvestre no entorno de unidades de conservação do Distrito Federal**. Brasília: Universidade de Brasília, 2017.

SENZAKI, M. et al. Sensory pollutants alter bird phenology and fitness across a continent. **Nature**, v. 587, n. 7835, p. 605–609, 26 nov. 2020.

SILK, P. J. et al. Influence of light on sound production behaviors in the emerald ash borer, *Agrilus planipennis*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 166, n. 10, out. 2018.

SILVEIRA MIRANDA, J. E.; DE MELO, F. R.; KEICHI UMETSU, R. Are Roadkill Hotspots in the Cerrado Equal Among Groups of Vertebrates? **Environmental Management**, v. 65, n. 4, 14 abr. 2020.

SLABBEKOORN, H.; DEN BOER-VISSER, A. Cities Change the Songs of Birds. **Current Biology**, v. 16, n. 23, p. 2326–2331, dez. 2006.

- SLABBEKOORN, H.; PEET, M. Birds sing at a higher pitch in urban noise. **Nature**, v. 424, n. 6946, jul. 2003.
- SLABBEKOORN, H.; RIPMEESTER, E. A. P. Birdsong and anthropogenic noise: implications and applications for conservation. **Molecular Ecology**, v. 17, n. 1, jan. 2008.
- SOARES, C. M.; DIAS, R. I. Look both ways: factors affecting roadkill probability in Blue-black Grassquits (*Volatinia jacarina*). **Canadian Journal of Zoology**, v. 98, n. 9, set. 2020.
- SPELLERBERG, I. Ecological effects of roads and traffic: a literature review. **Global Ecology and Biogeography**, v. 7, n. 5, p. 317–333, set. 1998.
- SWADDLE, J. P. et al. A framework to assess evolutionary responses to anthropogenic light and sound. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 30, n. 9, set. 2015.
- TOLENTINO, V. **Repertório vocal e variações no canto de aves em diferentes áreas florestais no cerrado sensu lato**. [s.l.] Universidade Federal de Uberlândia, 24 fev. 2015.
- TOLENTINO, V. C. DE M.; BAESSE, C. Q.; MELO, C. DE. Dominant frequency of songs in tropical bird species is higher in sites with high noise pollution. **Environmental Pollution**, v. 235, abr. 2018.
- WARE, H. E. et al. A phantom road experiment reveals traffic noise is an invisible source of habitat degradation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 39, p. 12105–12109, 29 set. 2015.
- WILKINS, M. R.; SEDDON, N.; SAFRAN, R. J. Evolutionary divergence in acoustic signals: causes and consequences. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 28, n. 3, mar. 2013.
- ZHOU, Y.; RADFORD, A. N.; MAGRATH, R. D. Why does noise reduce response to alarm calls? Experimental assessment of masking, distraction and greater vigilance in wild birds. **Functional Ecology**, v. 33, n. 7, 9 jul. 2019.
- ZIMMER, K.; ISLER, M. L. Rufous-winged Antshrike (*Thamnophilus torquatus*). Em: DEL HOYO, J. et al. (Eds.). **Birds of the World**. [s.l.] Cornell Lab of Ornithology, 2020.