
ECOLOGIA

SOFIA MARTIM

**RELAÇÃO ENTRE PISTAS AUDITIVAS E A
REAÇÃO INATA DE SABIÁS**



Rio Claro - SP
2025

SOFIA MARTIM

RELAÇÃO ENTRE PISTAS AUDITIVAS E A REAÇÃO INATA DE SABIÁS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho”, para obtenção do grau de Ecóloga

Orientador(a): Marco Aurélio Pizo Ferreira

Coorientador(a): Augusto Florisvaldo Bastisteli

Rio Claro - SP
2025

M378r Martim, Sofia
Relação entre pistas auditivas e a reação inata de sabiás / Sofia
Martim. -- Rio Claro, 2025
35 f.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ecologia) -
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências,
Rio Claro
Orientador: Marco Aurélio Pizo Ferreira
Coorientador: Augusto Florisvaldo Batisteli

1. Detecção auditiva. 2. Ruído antropogênico. 3. Comportamento.
4. Forrageamento. I. Título.

SOFIA MARTIM

RELAÇÃO ENTRE PISTAS AUDITIVAS E A REAÇÃO INATA DE SABIÁS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de Ecóloga

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Marco Aurélio Pizo Ferreira (orientador)

Prof. Dr. Milton Cezar Ribeiro

Prof. Ana Cristina Vara Crestani

Aprovado em: 10 de novembro de 2025

Assinatura do discente

Assinatura do orientador

Assinatura do coorientador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a minha família, em principal aos meus pais Fernando e Meire, e meu irmão Vinícius, quais sempre estiveram ao meu lado durante todo o processo, me incentivando e apoiando em todas as minhas decisões, mesmo quando elas não tinham pé, nem cabeça!

Agradeço ao meu orientador Marco Aurélio Pizo Ferreira pelo auxílio e oportunidade de fazer pesquisa em seu laboratório LECAVE (Laboratório de Ecologia de Aves). Agradeço ao Augusto Florisvaldo Batisteli, que além de coorientador, foi um grande amigo durante todo o processo da graduação. Agradeço por todos os conselhos!

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - 137036/2024-8, que fomentou o presente trabalho.

Agradeço aos meus colegas de graduação, em especial Gyl Xavier (Ressu), Mariana Azevedo (Baderna), Mariana Trindade (Quiabo), Pedro Sarto (Butantã) e Sofia Lopes (Xena), que me acompanharam do primeiro ao último dia. Muito obrigada por dividirem comigo os melhores anos da minha vida!

Agradeço aos colegas de Deliders Cheerleading, que me fizeram descobrir uma nova paixão pelo esporte! Agradeço em especial ao Leonardo Scatena (Podcast), Pedro Mariano (Caninha) e a Sara Barbieri (Moeda), por todos os nossos treinos extras e as risadas que vocês me tiraram!

Agradeço às minhas irmãs de coração Juliana Hanisch e Renata Soares, por viverem o sonho comigo! Agradeço todas as conversas, conselhos e dias compartilhados! Desejo muita tartaruga para nós!

Por último, mas não menos importante, agradeço ao meu amor João Victor Merce, por compartilhar a vida comigo de forma tão leve e doce! Te agradeço por sempre me incentivar a ser o meu melhor todos os dias! Te amo mais do que possa imaginar!

RESUMO

As aves possuem sua audição bem desenvolvida, utilizando vocalizações como forma de comunicação. A presença de certas pistas auditivas pode afetar diretamente o comportamento desse grupo, influenciando em seu forrageamento e locomoção. Além disso, certas aves empregam as pistas auditivas para localizar suas presas, incluindo aves que incluem invertebrados em sua dieta, como sabiás. O sabiá-barranco (*Turdus leucomelas*) é considerado tolerante ao ambiente urbano, mas os efeitos da poluição sonora sobre seu comportamento ainda são desconhecidos, bem como a habilidade de localizar presas através de pistas sonoras. A partir disso, esse estudo teve como objetivo testar experimentalmente se sabiás-barranco criados sem o cuidado parental são capazes de detectar larvas de um inseto (*Tenebrio molitor*, Coleoptera) auditivamente e como a presença de ruídos antrópicos e sons naturais influenciam no comportamento de aves de origem urbana e rural. As aves utilizadas neste estudo foram alimentadas manualmente e mantidas em cativeiro desde os primeiros dias de vida. Os resultados indicaram que os sabiás não foram capazes de detectar auditivamente a localização das larvas, provavelmente porque esses indivíduos não possuem experiências autônomas de caça de presas vivas pela ausência do cuidado parental. Diferentes estímulos sonoros provocaram mudanças no comportamento das aves, sendo que o som de uma ave não predadora estimulou a locomoção, e ruídos (som de um soprador de folhas e de uma torneira aberta) inibiram o forrageamento. Não houve diferença entre as aves de origem rural e urbana. Assim, conclui-se que aves criadas em cativeiro não detectam corretamente a localização de presas vivas; e que ruídos antropogênicos devem afetar a frequência de forrageamento, interferindo no desempenho das aves no ambiente urbano.

Palavras-chave: Detecção auditiva; Ruído antropogênico; Comportamento; Forrageamento.

ABSTRACT

Birds have well-developed hearing, using vocalizations as a form of communication. The presence of certain auditory cues can directly affect bird behavior, influencing their foraging and locomotion. In addition, certain bird species use auditory cues to locate their prey, including birds that include invertebrates in their diet, such as thrushes. The Pale-breasted Thrush (*Turdus leucomelas*) is considered tolerant to the urban environment, but the effects of noise pollution on its behavior are still unknown, as well as its ability to locate prey through sound cues. In this study, we experimentally tested whether thrushes raised without parental care are capable of detecting mealworms (*Tenebrio molitor*, Coleoptera) aurally and how the presence of anthropogenic noises and natural sounds influence the behavior of birds from urban and rural populations. The birds used in this study were hand-fed and kept in captivity from the first days of life. We found that the thrushes were unable to detect the location of the larvae aurally, probably because these individuals have no autonomous experience of hunting live prey due to the absence of parental care. Different sound stimuli caused changes in the birds' behavior, with the sound of a non-predatory bird stimulating locomotion, and noises (the sound of a leaf blower and an open faucet) inhibiting foraging. There was no difference between birds from rural and urban areas. Thus, it can be concluded that birds raised in captivity do not correctly detect the location of live prey, and that anthropogenic noises affect foraging frequency, interfering with the birds' performance in urban environments.

Keywords: Auditory detection; Anthropogenic noise; Behavior; Foraging.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. OBJETIVOS.....	12
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
3.1 Espécie modelo.....	13
3.2 Coleta de dados.....	13
3.2.1 Experimento A - Detecção auditiva.....	13
3.2.2 Experimento Extra - Detecção auditiva.....	15
3.2.3 Experimento B - Pistas Auditivas.....	17
3.3 Análise de dados.....	18
3.3.1 Experimento A - Detecção auditiva.....	18
3.3.2 Experimento extra - Detecção auditiva.....	19
3.3.3 Experimento B - Pistas auditivas.....	19
4. RESULTADOS.....	20
4.1 Experimento A - Detecção auditiva.....	20
4.1.1- Detecção auditiva.....	20
4.1.2 - Experimento extra - Detecção auditiva.....	21
4.2 Experimento B - Pistas auditivas.....	21
4.2.1 Locomoção.....	21
4.2.2 Forrageamento.....	24
5. DISCUSSÃO.....	28
5.1 Experimento A - Detecção auditiva.....	28
5.1.1 Experimento de detecção auditiva.....	28
5.1.2 Experimento extra.....	28
5.2 Experimento B - Pistas auditivas.....	29
5.2.1 Locomoção.....	29
5.2.2 Forrageamento.....	31
6. CONCLUSÃO.....	33
7. REFERÊNCIAS.....	34

1. INTRODUÇÃO

Aves, de forma geral, possuem sua audição bem desenvolvida, já que utilizam vocalizações como forma de comunicação (Vielliard, 1987). A presença de sons tanto naturais, quanto antrópicos, pode afetar diretamente o comportamento desse grupo, influenciando em sua forma de alimentação, comunicação e proteção contra predadores. Por exemplo, as reações à detecção auditiva de pistas dos predadores podem produzir importantes efeitos no comportamento das aves mesmo sem o contato direto com as espécies predadoras, como descrito por Zanette & Clinchy (2019), impacto tratado como a ecologia do medo (“ecology of fear”). Dessa maneira, entende-se que o meio acústico molda o sistema de comunicação do indivíduo e consequentemente, o seu comportamento.

Em ambientes antropizados, a presença de ruídos pode perturbar a comunidade de aves, podendo gerar consequências negativas, como o aumento da predação de ninhos (Marzluff *et al.*, 2001) e a exclusão de um grande número de espécies (Barbosa *et al.* 2021). Entretanto, poucos estudos demonstram os mecanismos pelos quais a poluição sonora afeta esse grupo. Uma das possíveis formas de efeito direto da poluição sonora na avifauna é que o excesso de ruídos antropogênicos no ambiente urbano pode comprometer a percepção das pistas auditivas da presença de predadores e de presas pelas aves. Isso comprometeria fortemente o desempenho desses animais no meio urbano, afetando, por exemplo, seus padrões de locomoção e de forrageamento, mas este assunto ainda é pouco estudado e as evidências são escassas.

Em geral, boa parte das aves possuem uma dieta exclusiva ou parcialmente invertívora, sendo que diversas espécies utilizam a detecção auditiva para buscar, por exemplo, minhocas e artrópodes que vivem

enterrados no solo ou abaixo da serrapilheira (Hoyo *et al.*, 2005). Embora a detecção auditiva de presas por aves seja um assunto particularmente pouco estudado, Montegomerie & Weatherhead (1997) conduziram um experimento e demonstraram que os sabiás da espécie *Turdus migratorius* detectam larvas de tenébrios (*Tenebrio molitor*, Coleoptera) através de ruídos produzidos por sua locomoção subterrânea, apontando que a audição pode ter papel importante na busca por presas vivas nessa espécie. De forma similar, Onrust *et al.* (2017) demonstraram experimentalmente que as aves limícolas da família Scolopacidae (*Philomachus pugnax*) (Linnaeus, 1758), utilizam a visão para forragear minhocas (Lumbricidae) durante o dia, porém, à noite, passam a utilizar a audição para detectá-las. Da mesma maneira, a detecção auditiva das presas é importante para a coruja *Aegolious acadicus* já que à medida que o ruído antrópico aumenta, há uma queda na probabilidade de sucesso da caça desses animais, que são aves acusticamente especializadas (Mason *et al.* 2016).

As populações de aves consideradas tolerantes às cidades devem estar particularmente sujeitas aos efeitos negativos da poluição sonora. Há evidências de que as populações urbanas são mais bem adaptadas a lidar com outros distúrbios típicos da urbanização, como a presença de objetos ou materiais desconhecidos e a proximidade com humanos (Miranda *et al.* 2013; Yin *et al.* 2023). Dessa forma, as populações urbanas de algumas espécies de aves apresentam respostas atenuadas ou ausentes a certos fatores ambientais prejudiciais (Sol *et al.* 2013), ao contrário das populações rurais. Seguindo este raciocínio, é possível que as populações urbanas possuam também uma menor resposta aos ruídos antropogênicos por estarem sujeitas à seleção causada por este ambiente. Isso deve fazer com que os indivíduos nascidos em áreas urbanas apresentem uma reação mais fraca à poluição sonora do que os indivíduos nascidos em áreas rurais, mas essa hipótese nunca foi testada experimentalmente.

Diante dos estudos apresentados, é relevante investigar a ecologia

sensorial das aves, em particular a audição, e como este sentido atua diante da condição ambiental e do histórico de vida dos indivíduos. Sabe-se que certos comportamentos são em grande parte herdáveis, mas também transmissíveis de acordo com as experiências vividas com os parentais (Carrete *et al.* 2016; Slagsvold *et al.* 2013), sobretudo com relação ao forrageamento (Slagsvold *et al.* 2011). Esse processo é fundamental, por exemplo, para fomentar iniciativas de reintrodução e repovoamento a partir de indivíduos nascidos em cativeiro (Griffith, 1989; Galetti *et al.* 2017), criados ou não sob cuidados de seus parentais, e que não possuem experiência prévia com as pistas sensoriais encontradas no ambiente natural.

Apesar do contexto descrito, poucos estudos até hoje se dedicaram a investigar se a detecção auditiva e a poluição sonora apresentam grande importância para o forrageamento e locomoção desses animais, especialmente de indivíduos privados de cuidado parental. Considerando que aves criadas em cativeiro são mantidas com alimento de acesso facilitado, as mesmas podem ter limitações quanto a seu instinto de localização de presas. A partir disso, surgem os seguintes questionamentos: Aves criadas em cativeiro sem o cuidado parental e não são estimuladas a desenvolver sua audição, são capazes de detectar uma presa auditivamente? Dada a potencial seleção de indivíduos mais tolerantes a ruídos exercida pela urbanização, a poluição sonora inibe a alimentação e locomoção dessas aves, considerando indivíduos provenientes de ambientes rurais e urbanos?

2. OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivos avaliar a percepção de pistas auditivas e seus efeitos sobre o comportamento de sabiás-barranco (*Turdus leucomelas*, Turdidae, Passeriformes) (Vieillot, 1818) criados em cativeiro desde a fase de ninhegos, sem cuidado parental. Mais especificamente, os objetivos são 1) avaliar as habilidades de detecção auditiva de presas vivas por essas aves, através de testes de escolha, utilizando larvas de tenébrio (*Tenebrio molitor*, Coleoptera). 2) Avaliar como sons do ambiente natural e ruídos antrópicos podem afetar o forrageamento e locomoção de sabiás provenientes de ambientes rurais e urbanos.

As hipóteses são de que 1) aves criadas em ambiente controlado e sem o cuidado parental detectam corretamente a localização dessas presas vivas, mesmo não possuindo experiências anteriores de tentativas autônomas ou de observação dos parentais; 2) essas aves reconhecem e reagem a diferentes estímulos sonoros, alterando seu comportamento quanto à locomoção e o forrageio; 3) ruídos antropogênicos devem afetar de forma mais intensa esses comportamentos em aves de origem rural, uma vez que aves de origem urbana supostamente passaram por um processo de seleção ou adaptação a este distúrbio.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Espécie modelo

A espécie modelo utilizada para o experimento foi o sabiá-barranco, ave de ampla distribuição no Brasil (Favreto, 2023). Em geral possuem uma coloração discreta, que contrasta sua cabeça e nuca acinzentada com o restante de seu corpo pardo, enquanto o bico é acinzentado (Ridgley *et al.* 2015). Usualmente possuem a dieta baseada em frutos e invertebrados (Favreto, 2023).

A coleta de dados foi realizada com um grupo de 30 sabiás coletados em ambientes urbanos e rurais nos primeiros dias de vida e criados em condições controladas, privados do cuidado parental, para fins científicos. As aves foram mantidas em gaiolas individuais de 70 x 32 x 42 cm, isoladas visualmente em si, dentro de um aviário externo protegido do sol e da chuva. A oferta de comida (ração) e água ocorreu em livre demanda, estando sempre disponível de forma abundante na gaiola. As aves foram utilizadas perante a autorização dos órgãos ambientais e do comitê de ética animal (licenças SISBIO N° 78615-1, Comitê de Ética IB/UNESP protocolo N° 1035) e nenhum dos experimentos realizados são considerados invasivos.

3.2 Coleta de dados

3.2.1 Experimento A - Detecção auditiva

Os testes de detecção auditiva de presas aconteceram da seguinte maneira: uma segunda gaiola (“gaiola-teste”) foi acoplada à gaiola da ave testada. O ambiente de experimentação foi previamente preparado na gaiola teste para minimizar interferências relacionadas a possível estresse causado ao animal no momento do experimento. Na gaiola teste, foram posicionados

dois comedouros opacos de mesmas dimensões (formato cilíndrico com 5 cm de diâmetro e 5 cm de altura). Os comedouros foram fixados na gaiola teste de maneira que ficaram lado a lado, na lateral contrária a que a ave acessaria a gaiola, espaçados em 10 cm entre si, à uma altura de 30 cm em relação ao fundo da gaiola. Em frente a cada comedouro, havia um poleiro curto de material plástico, que servia como um ponto de aproximação da ave a um dos comedouros. Outros dois poleiros serviam como rota de entrada na gaiola teste, um posicionado mais distante dos comedouros (e portanto mais próximo do ponto de entrada da ave na gaiola teste) e outro em distância intermediária, mas abaixo dos comedouros, de forma que quando a ave pousasse nos mesmos, ela não era capaz de observar a presença das larvas em um dos comedouros, seja pela distância ou pelo nível de altura (Figura 1). No teste, um dos comedouros foi preenchido com larvas de tenébrio, enquanto o outro permaneceu vazio. A posição do comedouro que continha larvas em cada teste foi determinada por sorteio.

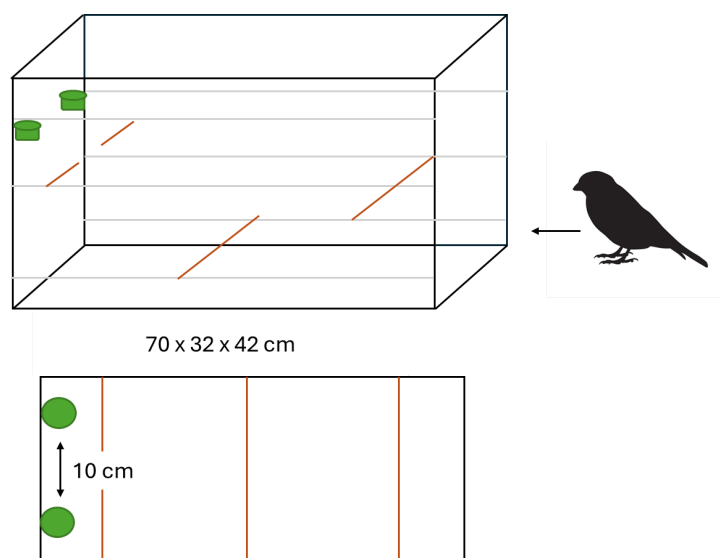


Figura 1. Visão 3D (acima) e visão superior (abaixo) da gaiola teste. Os círculos verdes representam os comedouros e as linhas marrons indicam a posição dos poleiros. A ave representa a direção do acesso do indivíduo à gaiola teste.

Os testes foram realizados no mesmo local onde as aves eram mantidas

com um indivíduo por vez, no período da manhã (07:00-10:00 h), quando as aves estavam mais ativas. Antes do teste, cada ave ficou em jejum por 30 minutos a fim de estimular a busca por potenciais alimentos. A gaiola teste era acoplada à gaiola de um indivíduo determinado aleatoriamente e a passagem entre as gaiolas era liberada. A partir deste momento, a ave testada tinha até 15 min para responder ao teste, sendo que as respostas registradas foram o tempo até pousar no poleiro à frente de um dos comedouros, sendo este determinado como sendo o comedouro escolhido, e se o comedouro escolhido era o correto, ou seja, continha larvas, ou não.

3.2.2 Experimento Extra - Detecção auditiva

A partir de refinamentos do método descrito no experimento de detecção auditiva e visando eliminar ao máximo potenciais estímulos que poderiam interferir no comportamento de busca de presas pelos sabiás, cinco aves foram testadas em um experimento à parte. Em uma sala fechada, foram acopladas duas gaiolas teste à gaiola da ave testada, uma de cada lado, de forma que a ave ficasse entre as duas. Placas de isopor forradas com cartolina branca foram posicionadas ao redor de todas as gaiolas acopladas e entre as gaiolas teste e gaiola da ave testada, com exceção da parte superior das gaiolas, para possibilitar a filmagem do experimento (Figura 2 e Figura 3). O experimento foi gravado através de uma câmera fixada 1 m acima das gaiolas, proporcionando a visualização indireta do comportamento da ave a partir de cima, via computador, para que assim não houvesse interferência da observadora.

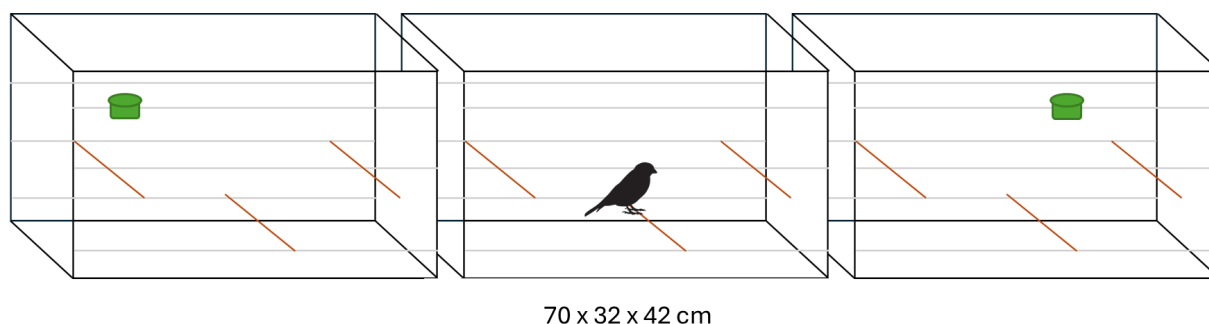


Figura 2. Visão 3D da composição de gaiolas do experimento. Nas extremidades estão as gaiolas teste e ao meio a gaiola da ave testada. Em verde estão indicadas as posições dos comedouros e as linhas marrons representam os poleiros.



Figura 3. Foto da composição de gaiolas forradas com isopor e cartolina para isolamento de estímulos durante o teste de detecção auditiva de presas. Ao centro, está a gaiola do indivíduo testado, com as duas opções de escolha acopladas.

A ave foi transportada para a sala isolada e posicionada entre as gaiolas teste. Após posicionada, a ave ficou durante 1 hora em aclimação e em jejum de ração. Faltando 10 min para o fim da aclimação, foram adicionadas em uma das gaiolas teste, escolhida por meio de sorteio, 50 larvas de tenébrio em um comedouro idêntico ao descrito no experimento de detecção auditiva e na outra gaiola teste, um comedouro idêntico vazio. Passados 5 min da adição dos comedouros, foi retirado o isolamento visual entre as gaiolas teste e a ave testada, mas mantida uma grade que a impedia de passar para as gaiolas teste, de forma que a ave pudesse observar a presença dos comedouros e ouvir, mas não pudesse inspecioná-los. Passado mais 5 min, a passagem da ave para ambas as gaiolas teste foi liberada ao mesmo tempo, e a gaiola que ela se direcionou foi considerada sua escolha. Quando a ave não realizou nenhuma escolha em 5 min, foi considerada como “escolha nula”. Após a escolha de uma das gaiolas pela ave, ou uma escolha nula, o experimento foi

imediatamente finalizado e a ave foi redirecionada para sua gaiola, sendo isolada visualmente novamente para manipulação das gaiolas teste. O experimento foi repetido mais três vezes de forma contínua, totalizando quatro testes por ave. A cada teste, a posição do comedouro com larvas era novamente sorteada (gaiola teste da direita ou da esquerda). Assim, o experimento permitiu testar se a ave poderia identificar em qual gaiola teste estão os tenébrios, apenas pelo som de locomoção produzido pelos mesmos.

3.2.3 Experimento B - Pistas Auditivas

O experimento presente teve como base o método de Fernandes (2023), e houve a incorporação de ambos os conjuntos de dados nas análises apresentadas aqui. A coleta de dados foi realizada com um grupo de 24 sabiás no mesmo local onde eles eram mantidos. Desses 24, 9 foram oriundos de ambiente rural (5 fêmeas e 4 machos) e as outras 15 aves, de ambiente urbano (5 fêmeas e 10 machos).

O experimento foi realizado no período da manhã (8:00 - 11:00h) e consistiu no registro do comportamento das aves em vídeo para quantificar os comportamentos de locomoção e alimentação durante a execução de diferentes estímulos sonoros. Cada experimento teve duração de 15 min e as aves foram filmadas com uma câmera a 1 m de distância das gaiolas. Logo abaixo da câmera, foi posicionada uma caixa de som para a emissão dos sons utilizados no experimento. Os primeiros 5 min (0 - 5 min) de gravação foram considerados um período de aclimação e não houve reprodução de nenhum som. Após este tempo, foi executado um dos sons por um período de 10 min (5 - 15 min). Os dados utilizados foram apenas dos primeiros 5 min (5 - 10 min) de reprodução dos sons, para evitar que a exposição prolongada ao som causasse habituação ou stress acentuado nas aves, causando um viés na resposta comportamental. Devido à morte de seis indivíduos entre o experimento de Fernandes (2023) e a coleta de dados deste estudo, esses

indivíduos foram excluídos do conjunto de dados.

Para otimizar a coleta de dados e reduzir a chance de habituação aos estímulos sonoros por numerosas repetições do experimento, as aves foram testadas em 4 grupos de 6 indivíduos cada. Cada grupo foi exposto a um som diferente ao longo de 5 dias, de forma que todos os grupos foram testados a cada dia e, ao fim, passaram por todos os tratamentos, na respectiva ordem a seguir. Os tratamentos foram: 1) “Controle” (sem som); 2) “Pombão” (vocalização de ave não predadora *Patagioenas picazuro*); 3) “Torneira” (som de uma torneira aberta) ; 4) “Soprador” (som de um soprador de folhas) e 5) “Falcão” (vocalização de ave predadora *Falco sparverius*). Esses sons foram escolhidos para avaliar a resposta das aves a dois sons potencialmente estressantes, ou seja, o som de um potencial predador (“Falcão”) e um de ruído antrópico (“Soprador”), e dois sons potencialmente neutros, representados por uma ave inofensiva aos sabiás (“Pombão”) e um ruído supostamente familiar (“Torneira”), tanto por lembrar o som característico de cursos d’água presentes no ambiente natural quanto pela presença de uma torneira constantemente aberta para abastecer um tanque com peixes em um recinto vizinho. Os vídeos foram analisados para a coleta de dados de locomoção e forrageamento, considerando a quantidade de vezes que o indivíduo se alimentou (quantidade de vezes que o indivíduo realizou a ação de “bicar” a ração presente em seu comedouro) e a quantidade de vezes que o mesmo se movimentou entre os poleiros, laterais e o fundo da gaiola, ou seja, quantas vezes ele pulou de um poleiro a outro, de um dos poleiros para o fundo (ou vice-versa) e de um dos poleiros para a grade (ou vice-versa), ou de uma face a outra da gaiola.

3.3 Análise de dados

3.3.1 Experimento A - Detecção auditiva

A análise de dados foi realizada através do software “R” (R CORE TEAM 2021). Para o experimento, foram comparados os números de escolhas em relação ao conteúdo dos comedouros através de um teste do Chi-quadrado,

testando se houve diferença do número de aves que escolheram o comedouro correto (que continha insetos vivos) ou não. Assim, foi possível testar se a escolha dos comedouros pelas aves foi aleatória ou direcionada pelas pistas auditivas produzidas por seu conteúdo.

3.3.2 Experimento extra - Detecção auditiva

A análise de dados foi realizada de médias entre 0 e 1, considerando os seguintes termos: comedouro com larvas, sendo acerto (1) e erro (0); gaiola teste escolhida, sendo direita (1) e esquerda (0) e se a ave respondeu (1) ou não (0) ao teste.

3.3.3 Experimento B - Pistas auditivas

Para a análise da reação das aves aos diferentes tipos de sons executados por meio de playback, foram construídos modelos lineares mistos. As variáveis resposta foram o forrageamento e locomoção, enquanto as variáveis independentes (explanatórias) foram o tratamento (tipo de som) e a origem (rural ou urbano). Para testar se o efeito do tipo de som é diferente de acordo com a origem, foi incluída no modelo uma interação entre essas variáveis. A identidade do indivíduo foi utilizada como fator aleatório, uma vez que cada ave foi exposta a todos os sons possíveis, fazendo com que a reação de cada indivíduo seja analisada múltiplas vezes

4. RESULTADOS

4.1 Experimento A - Detecção auditiva

4.1.1- Detecção auditiva

No teste de detecção auditiva, houve 20 resultados válidos em 30 tentativas. Em 11 dessas 20 vezes (55%), as aves escolheram o poleiro em frente ao comedouro correto, que continha larvas de tenébrio. Mas nas outras nove vezes (45%), escolheram o poleiro em frente ao comedouro vazio. Essa diferença entre erros e acertos não foi significativa, indicando que a presença das larvas no comedouro não facilitou sua escolha pelas aves. O tempo que as aves demoraram para escolher um dos comedouros foi de $8,46 \pm 6,77$ min, e não diferiu entre as aves que acertaram e que erraram a escolha (teste de Wilcoxon; $W = 40$; $p = 0,503$, Figura 4).

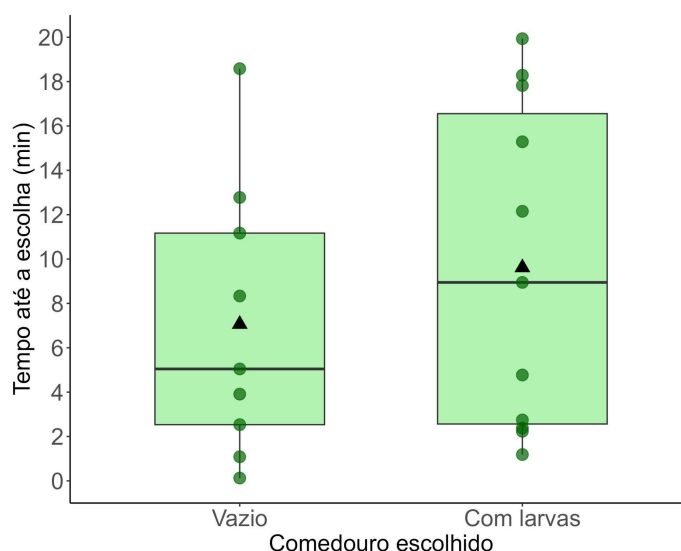


Figura 4. O eixo X representa o comedouro escolhido pela ave durante o teste o eixo Y representa o tempo em minutos que os indivíduos levaram para realizar o teste. Os triângulos ilustram as médias, os pontos são os valores individuais e, nos boxplots, as caixas representam o intervalo inter-quartil, as linhas centrais são as medianas e as linhas verticais indicam mínimo e máximo.

4.1.2 - Experimento extra - Detecção auditiva

Dos 20 testes realizados, apenas 60% tiveram escolhas, tendo como resultado que em 41,2% das vezes, as aves escolhem a gaiola teste correta, ou seja, aquela que continha o comedouro com tenébrios. Porém ao analisar de outra forma, os dados apontaram como 50% de escolha para cada uma das gaiolas, sendo assim, as escolhas foram aleatórias.

4.2 Experimento B - Pistas auditivas

4.2.1 Locomoção

Considerando os dados das 24 aves e dos dois experimentos (este e de Fernandes (2023)), foram obtidas 240 amostras para cada um dos comportamentos estudados. A partir do histograma, foi possível inferir que a distribuição dos dados foi não normal devido a presença de 34 amostras com “zero” pulos. Com isso, foi construído um modelo generalizado misto (“generalized mixed-effects model”) com distribuição binomial negativa da variável resposta. Após observar 240 amostras, sendo 24 aves e 2 observadores, foi utilizado “Anova” para a visualização dos resultados. Apenas a variável “tratamento” apresentou resultados significativos, indicando que a frequência de locomoção difere de acordo com o estímulo sonoro apresentado (Tabela 1). A origem dos indivíduos não apresentou efeito na variável resposta, sendo assim, o efeito do estímulo sono (“Tratamento”) não depende da origem, sendo uma interação não significativa (Tabela 1).

Tabela 1. Teste de significância das variáveis do modelo construído para testar se a frequência de locomoção difere de acordo com o estímulo sonoro apresentado. GL: graus de liberdade.

Termo	χ^2	GL	P
Intercepto	211,683	1	<0,001*
Sexo	0,046	1	0,831
Origem	0,246	1	0,616
Tratamento	18,505	4	0,001*
Origem x tratamento	3,398	4	0,494

Utilizando o teste de post-hoc (Tabela 2 e Figura 5), pôde-se concluir que o tratamento “pombão” foi o único que apresentou diferença em relação aos demais. A partir dos resultados obtidos, foi possível observar que “pombão” induz menor frequência de locomoção, sendo 42% menor do que “Controle” e 54% menor que o tratamento “Falcão”. Já em relação à “soprador” e “torneira”, “pombão” apresentou um desempenho significativamente maior, sendo 82% maior que soprador e 145% maior que torneira. A interação entre tratamento e origem não afetou a frequência de locomoção, indicando que o efeito dos estímulos sonoros não difere de acordo com a origem das aves (Tabela 1, Figura 6).

Tratamentos	Estimativa	Erro padrão	z	p
Controle - Falcão	0,223	0,215	1,036	0,839
Controle - Pombão	-0,550	0,189	-2,913	0,030*
Controle - Soprador	0,047	0,207	0,228	0,999
Controle - Torneira	0,349	0,219	1,596	0,500

Tratamentos	Estimativa	Erro padrão	z	p
Falcão - Pombão	-0,772	0,202	-3,828	0,001*
Falcão - Soprador	-0,176	0,220	-0,797	0,932
Falcão - Torneira	0,126	0,231	0,545	0,983
Pombão - Soprador	0,597	0,194	3,081	0,018*
Pombão - Torneira	0,898	0,206	4,350	<0,001*
Soprador - Torneira	0,301	0,224	1,348	0,661

Tabela 2. Resultados do teste post-hoc avaliando as múltiplas comparações entre diferentes estímulos sonoros com relação à frequência de locomoção de sabiás-barranco.

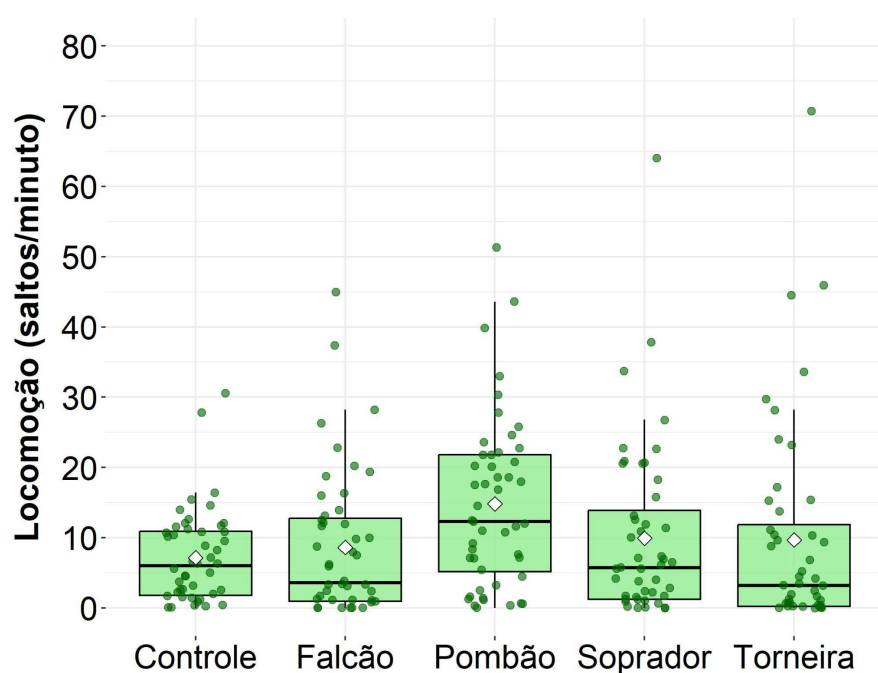


Figura 5. Frequência de locomoção de sabiás-barranco em saltos por minuto em relação a diferentes estímulos sonoros. Os losangos ilustram as médias, os pontos são os valores individuais e, nos boxplots, as caixas representam o intervalo inter-quartil, as linhas centrais são as medianas e as linhas verticais indicam mínimo e máximo.

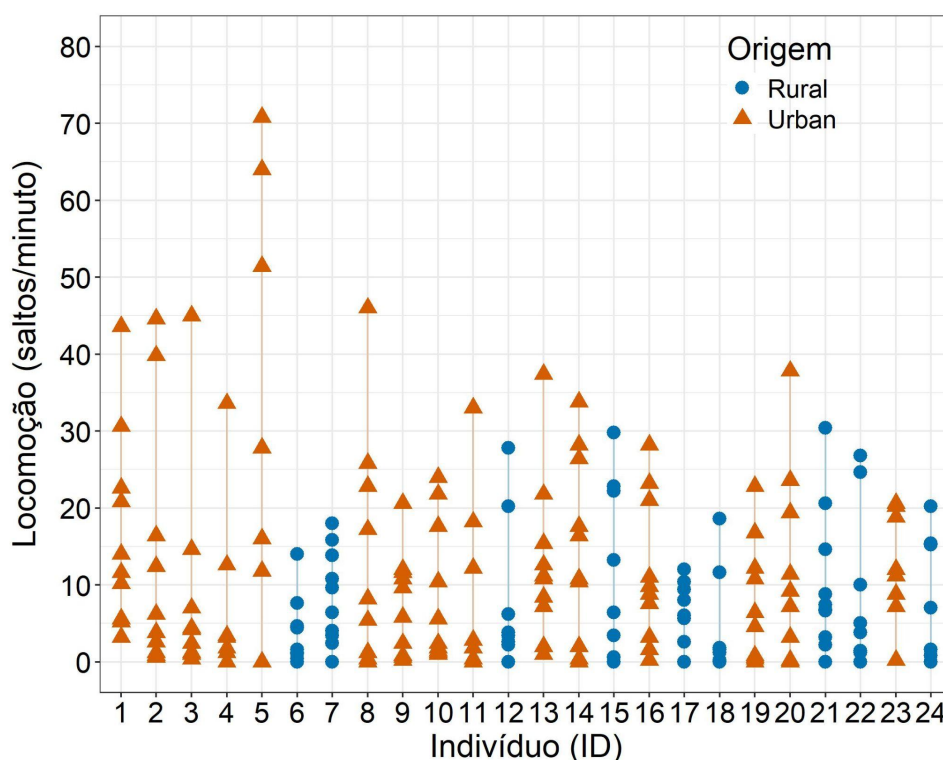


Figura 6. Frequência de locomoção de sabiás-barranco em saltos por minuto para cada um dos indivíduos testados. Os triângulos representam indivíduos de origem urbana e os círculos de origem rural.

4.2.2 Forrageamento

A partir do histograma, foi possível inferir que houve uma distribuição “zero inflada”, na qual 156 aves não se alimentaram durante os experimentos. Com isso, foi construído um modelo generalizado misto (“generalized mixed-effects model”) com distribuição binomial negativa da variável resposta. Utilizando “Anova” para teste de significância das variáveis do modelo, obteve-se como resultado que apenas o “tratamento” foi significativo (Tabela 3), indicando que o estímulo sonoro tem efeito sobre a frequência de forrageamento dos indivíduos. As variáveis sexo e origem não foram significativas, indicando que não houve diferença na frequência de forrageio entre os sexos, nem entre os indivíduos rurais e urbanos (Tabela 3).

Tabela 3. Teste de significância das variáveis do modelo construído para testar se a frequência de forrageamento difere de acordo com o estímulo sonoro apresentado.

Termo	χ^2	GL	P
Intercept	34,628	1	<0,001*
Sexo	0,575	1	0,448
Origem	0,103	1	0,747
Tratamento	11,627	4	0,203*
Origem x tratamento	0,778	4	0,941

Utilizando o teste de post-hoc (Tabela 4 e Figura 7), pôde-se concluir que os tratamentos “soprador” e “torneira” apresentaram diferenças significativas em relação ao controle. A partir dos resultados obtidos, é possível observar que ao relacionar ambos os tratamentos com “controle”, o último apresenta uma média de desempenho de forrageamento 4,34% maior. A interação entre o tratamento e a origem dos sabiás não foi significativa, indicando que o efeito dos estímulos sonoros não depende da origem das aves (Tabela 3, Figura 8).

Tabela 4. Resultados do teste post-hoc avaliando as múltiplas comparações entre diferentes estímulos sonoros com relação à frequência de forrageamento de sabiás-barranco.

Tratamentos	Estimativa	Erro padrão	z	p
Controle - Falcão	0,723	0,313	2,312	0,141
Controle - Pombão	0,612	0,308	1,990	0,271
Controle - Soprador	1,468	0,392	3,740	0,002*
Controle - Torneira	1,469	0,392	3,743	0,002*

Tratamentos	Estimativa	Erro padrão	z	p
Falcão - Pombão	-0,111	0,351	-0,315	0,998
Falcão - Soprador	0,745	0,427	1,743	0,408
Falcão - Torneira	0,745	0,427	1,749	0,404
Pombão - Soprador	0,855	0,422	2,028	0,253
Pombão - Torneira	0,857	0,424	2,022	0,255
Soprador - Torneira	0,001	0,488	0,003	1,000

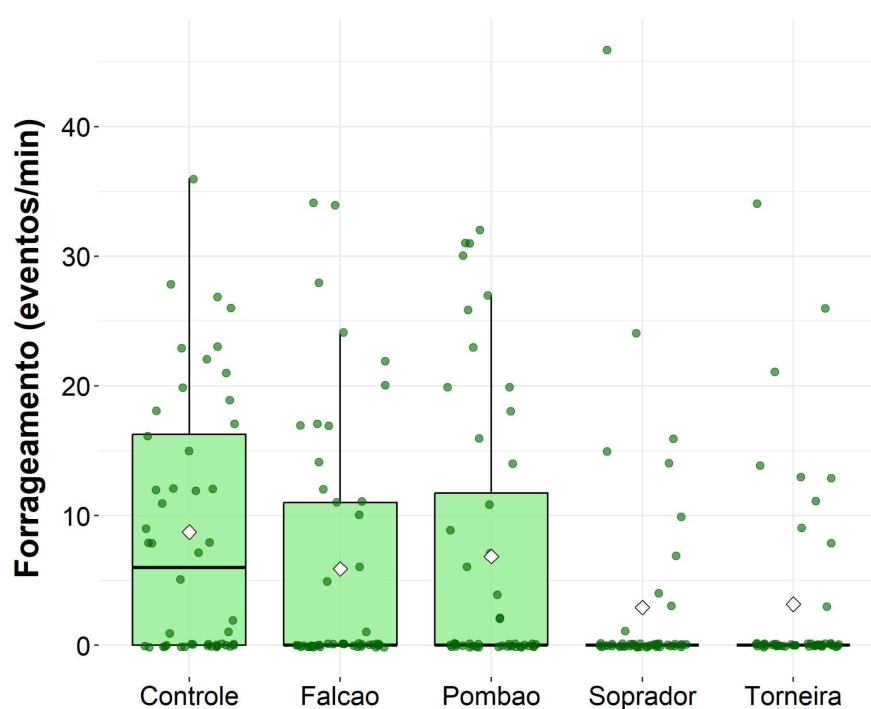


Figura 7. Frequência de forrageamento de sabiás-barranco em eventos por minuto em relação a diferentes estímulos sonoros. Os losangos ilustram as médias, os pontos são os valores individuais e, nos boxplots, as caixas representam o intervalo inter-quartil, as linhas centrais são as medianas e as linhas verticais indicam mínimo e máximo.

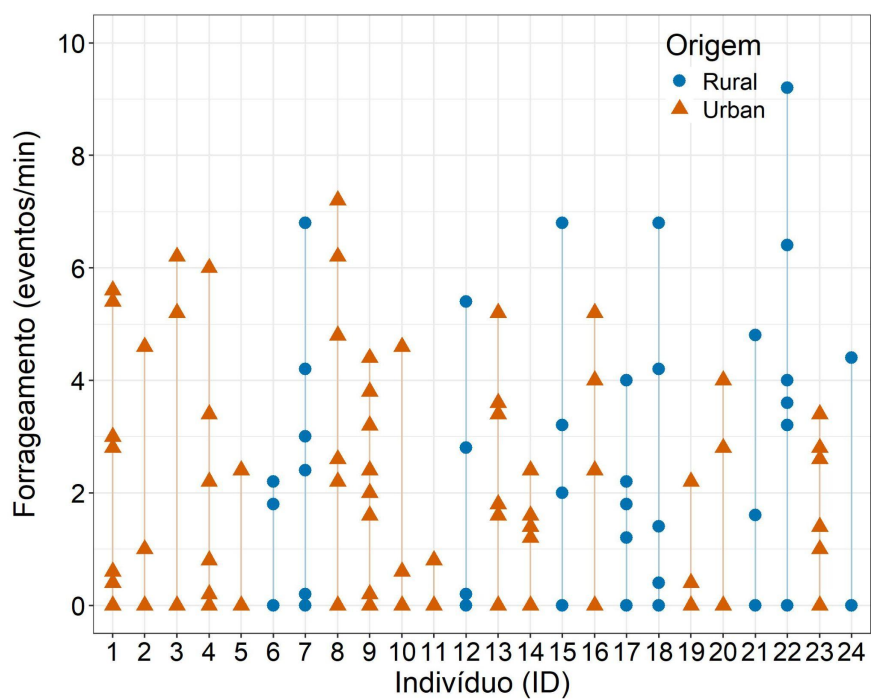


Figura 8. Frequência de forrageamento de sabiás-barranco em eventos por minuto para cada um dos indivíduos testados. Os triângulos representam indivíduos de origem urbana e os círculos de origem rural.

5. DISCUSSÃO

5.1 Experimento A - Detecção auditiva

5.1.1 Experimento de detecção auditiva

A partir dos resultados obtidos, é possível inferir que a presença das larvas de tenébrio não foi detectada pelos sabiás, o que ficou evidenciado pela escolha aleatória dos comedouros, de forma que o resultado não foi significativo. Provavelmente, a falta do aprendizado obtido pela observação dos pais pelos filhotes durante o cuidado parental limitou a habilidade das aves em detectar auditivamente as larvas, o que é um indicativo de que aves criadas em ambiente controlado possuem sua caça através da detecção auditiva afetada.

Em um primeiro momento, é passível acreditar que a detecção auditiva se trata de um comportamento inato, também chamado de instinto, o qual confere habilidades ao indivíduo sem ensinamento prévio, ou seja, habilidades geneticamente provenientes, como padrões fixos de ação (Manning, 1972; Lorenz, 1981). No entanto, indivíduos nascidos em cativeiro, ainda que recebam cuidado parental, são privados de experiências necessárias à sobrevivência no ambiente natural, como a procura ativa por presas vivas, já que recebem alimento disponibilizado por fácil acesso.

5.1.2 Experimento extra

Os sabiás não foram capazes de detectar a presença das larvas auditivamente, mesmo em uma sala sem interferência do ambiente externo. Com isso, é possível concluir que mesmo isolando fatores externos, os quais estavam presentes no experimento anterior, não houve indicativo de que as aves conseguissem detectar auditivamente as presas vivas. Por questões

logísticas e priorizando o bem estar dos animais, este experimento foi realizado com uma amostragem pequena e a título de confirmação do resultado anterior, sendo interessante para estudos futuros a repetição do mesmo protocolo com um número maior de indivíduos.

5.2 Experimento B - Pistas auditivas

5.2.1 Locomoção

Os indivíduos testados demonstraram diferenças de comportamento diante dos playbacks apresentados. Com isso, é possível o entendimento de que indivíduos criados em ambiente controlado e que não possuem cuidado parental, utilizaram do componente inato de seu comportamento para responder aos estímulos sonoros impostos durante os experimentos.

Quanto à frequência de locomoção, o tratamento “pombão” diferiu de todos os demais tratamentos, os quais não diferiram entre si. O mesmo apresentou níveis de locomoção significativamente maiores em relação a todos os outros tratamentos, de forma que o playback estimulou a locomoção dos indivíduos. Uma provável explicação para este resultado é que os indivíduos tenham interpretado a vocalização do pombão como a presença de mais aves no local, de forma que quanto mais aves, mais olhos para detectar um predador (“many-eyes hypothesis”) e menor a chance de ser capturado ao acaso (“dilution effect”) (Hammer et al, 2023). Já com o tratamento “falcão”, que supostamente representava som de ameaça às aves, era esperado a diminuição na locomoção dos indivíduos. No entanto, o tratamento em questão não diferiu do “controle”, indicando que ainda que este som tenha sido percebido como potencial ameaça, esse risco percebido não foi suficiente para que as aves não alterassem seu comportamento. Apesar de indivíduos terem tido contato com o som do “falcão” em diferentes momentos, incluindo no ano anterior (Fernandes 2023), essa experiência foi provavelmente muito efêmera para os mesmos terem aprendido que a presença do som não estaria

necessariamente relacionada com uma situação de perigo. Então, outras explicações para a ausência do efeito esperado devem ser consideradas.

Ao compararmos “pombão” e “falcão”, que se tratam de estímulos contrários, no qual o primeiro representa a vocalização de uma ave não predadora e o segundo de uma ave predadora, eram esperados resultados opostos. Ao utilizarmos o medo como base para a discussão, naturalmente na presença de um predador, a presa tende a ficar imóvel, como forma de se camuflar na visão do predador. Já na presença de um não predador, a movimentação tende a ser mais espontânea. Portanto, para os resultados obtidos, o efeito do estímulo causado pelo som de uma ave inofensiva, em detrimento da ameaça pelo som do predador, foi mais intenso sobre o comportamento dos indivíduos.

Os tratamentos “torneira” e “soprador”, foram escolhidos para representar um ruído natural e um ruído antrópico e estão presentes com certa frequência no entorno do local de manutenção desses indivíduos. O primeiro se trata tanto de um som comum em ambiente natural, como em ambientes urbanos, por exemplo no aviário em que as aves foram criadas, de forma que possa ser considerado como uma espécie de tratamento “controle” para som antropogênico. Seguindo essa linha de pensamento, “torneira”, como esperado, produziu uma reação neutra nos indivíduos, não diferindo de “controle”. Já o som do soprador de folhas, mesmo sendo rotineiro, continua gerando desconforto nos mesmos, representado pela maior agitação e maior frequência de vocalização de alarme (observação pessoal). No entanto, diferente do esperado, este som também produziu reação similar ao “controle”. Através dos vídeos realizados durante a coleta de dados, foi possível observar que as mesmas alterações comportamentais descritas acima como observação pessoal, se repetiram durante o experimento, ainda que o resultado estatístico não tenha sido significativo.

Estudos experimentais envolvendo a resposta comportamental das aves a ruídos urbanos ainda são escassos. Lukas *et al.* (2023) mediram a

locomoção de juncos-de-olhos-escuros urbanos (*Junco hyemalis*) a partir de sons comuns em ambientes urbanos associados a potenciais ameaças que se movem a diferentes velocidades (o som de um ciclista, de skates e de pedestres, em ordem decrescente). Os autores encontraram que quanto maior a velocidade associada ao som, mais prematura a resposta de fuga da ave, indicando que a mesma identifica o grau de ameaça com base em sua detecção auditiva. Em nosso estudo, as aves também interpretaram as pistas sonoras exibindo um estímulo na locomoção com o som de uma ave não-predadora, indicando que a interpretação das pistas auditivas de fato induz respostas no comportamento.

5.2.2 Forrageamento

Assim como a locomoção, os indivíduos testados apresentaram diferenças no comportamento de forrageamento para os diferentes playbacks, apresentando novamente o componente inato de seu comportamento para responder aos estímulos sonoros impostos durante os experimentos.

Dentre os tratamentos analisados, “soprador” e “torneira” foram os únicos que apresentaram resultados significativos quando comparados com o tratamento “controle”. Sem a presença do playback, as aves forrageiam, em média 4,34 vezes mais do que com os tratamentos “soprador” e “torneira”, ou seja, esses estímulos sonoros inibiram a alimentação durante o período do experimento.

Ambos os tratamentos “torneira” e “soprador” foram escolhidos para representar ruídos, seja um ruído natural, no caso do som da torneira, ou um ruído antrópico. O primeiro, como dito anteriormente, pode ser considerado como uma espécie de tratamento “controle” para som antropogênico. Mesmo se tratando de um som com efeito “controle”, “torneira” causou nos indivíduos uma reação negativa, de forma que a reprodução deste ruído, mesmo fazendo

parte do cotidiano dos indivíduos, afeta o forrageamento. Este efeito inesperado pode ter sido gerado por diferenças no volume da reprodução do áudio em relação ao volume do ruído da torneira aberta presente de forma constante próxima do recinto. Já com relação ao efeito do soprador, se trata de um som antrópico eventual e aparentemente perturbador. De fato, foi este o resultado encontrado, com o som do soprador induzindo uma redução da frequência de alimentação das aves.

De acordo com Wright et al. (2007), o ruído antrópico atua como um estressor a diversas espécies e grupos de animais, alterando de diferentes formas seus comportamentos. A partir de experimentos com o peixe-esgana-gato (*Gasterosteus aculeatus*), realizados por Purser & Radford (2011), os pesquisadores concluíram que a presença de um ruído antrópico, mesmo que breve, pode influenciar na busca e manipulação de alimentos durante o comportamento de forrageamento. Isso corrobora com o resultado do presente estudo, no qual a falta de ruído proporciona condições mais favoráveis ao forrageamento dos indivíduos.

Os demais tratamentos, “falcão” e “pombão”, não apresentaram efeitos significativos em relação ao controle no forrageamento, resultando em um efeito neutro apesar de terem sido selecionados para representar condições opostas. A exemplo do que foi discutido acima, pode ser que as aves não tenham reconhecido o som do falcão como uma ameaça real, ou de alto risco, e por isso não tenham alterado sua frequência de forrageio. Com relação ao pombão, apesar de não ter induzido um efeito positivo visto quanto à frequência de locomoção, também não houve diferença em relação ao controle.

6. CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que indivíduos criados em ambiente controlado, sem experiências prévias relacionadas à observação de parentais, não apresentam a habilidade de detectar presas auditivamente. Porém, reagem de forma inata quando submetidos a pista auditivas, sejam elas naturais ou antrópicas, alterando seu comportamento. Diante dos resultados, são necessários experimentos mais refinados para compreender as necessidades de aves criadas em cativeiro para fomentar iniciativas de reintrodução de espécies ameaçadas.

7. REFERÊNCIAS

Barbosa, K. V. C., Develey, P. F., Ribeiro, M. C., & Jahn, A. E. (2021). The contribution of citizen science to research on migratory and urban birds in Brazil. **Ornithology Research**, 29, 1-11.

Carrete, M., Martínez-Padilla, J., Rodríguez-Martínez, S., Rebolo-Ifrán, N., Palma, A., & Tella, J. L. (2016). Heritability of fear of humans in urban and rural populations of a bird species. *Scientific reports*, 6(1), 31060.

FAVRETO, M. A. Aves do Brasil, vol. II: Passeriformes. **Florianópolis: Ed. do Autor**, 2023.

Fernandes, B. M. (2023). Influência de ruídos urbanos e sons de predadores sobre a alimentação e movimentação de Sábia-Barranco (*Turdus leucomelas*).

GALETTI, Mauro et al. Reversing defaunation by trophic rewilding in empty forests. **Biotropica**, v. 49, n. 1, p. 5-8, 2017.

GRIFFITH, Brad et al. Translocation as a species conservation tool: status and strategy. **Science**, v. 245, n. 4917, p. 477-480, 1989.

HAMMER, Tracey L. et al. Desvendando as hipóteses de "muitos olhos", "efeito de diluição", "rebanho egoísta" e "presa distraída" na definição da distância de alerta e de início de voo em uma ave marinha colonial. **Behavioural Processes**, v. 210, p. 104919, 2023.

HOYO, J. del; ELLIOTT, A.; ASPINALL, S. Handbook of the birds of the world. Vol. 10: Cuckoo-shrikes to thrushes. 2005.

LORENZ, Konrad. **The foundations of ethology**. Springer, 1981.

LUKAS, Kara et al. Urban junco flight initiation distances correlate with approach velocities of anthropogenic sounds. **Ethology Ecology & Evolution**, v. 35, n. 2, p. 134-144, 2023.

MANNING, A. Contemporary biology series: an introduction to animal behavior. **Edward Arnold Ltd, London**, 1972.

MASON, J. Tate; MCCLURE, Christopher JW; BARBER, Jesse R. Anthropogenic noise impairs owl hunting behavior. **Biological Conservation**, v. 199, p. 29-32, 2016.

Marzluff JM (2001) Worldwide urbanization and its effects on birds. In: Marzluff JM, Bowman R, Donnelly R (eds) **Avian ecology in an urbanizing world**. Kluwer, Norwell, Massachusetts, pp 19–47.

Miranda, A. C., Schielzeth, H., Sonntag, T., & Partecke, J. (2013). Urbanization and its effects on personality traits: a result of microevolution or phenotypic plasticity?. **Global change biology**.

MONTGOMERIE, Robert; WEATHERHEAD, Patrick J. How robins find worms. **Animal behaviour**, v. 54, n. 1, p. 143-151, 1997.

ONRUST, Jeroen et al. Detection of earthworm prey by Ruff Philomachus pugnax. **Ibis**, v. 159, n. 3, p. 647-656, 2017.

PURSER, Julia; RADFORD, Andrew N. Acoustic noise induces attention shifts and reduces foraging performance in three-spined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*). **PloS one**, v. 6, n. 2, p. e17478, 2011.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing [computer software]. *Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing*. (2021).

RIDGELY, Robert S. et al. Guia aves do Brasil: Mata Atlântica do Sudeste. In: **Guia Aves do Brasil: Mata Atlântica do Sudeste**. 2015. p. 339.

Slagsvold, T., Kleiven, K. W., Eriksen, A., & Johannessen, L. E. (2013). Vertical and horizontal transmission of nest site preferences in titmice. **Animal Behaviour**, 85(2), 323-328.

Slagsvold, T., & Wiebe, K. L. (2011). Social learning in birds and its role in shaping a foraging niche. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1567), 969-977.

SOL, Daniel; LAPIEDRA, Oriol; GONZÁLEZ-LAGOS, Cesar. Ajustes comportamentais para uma vida na cidade. **Comportamento animal**, v. 85, n. 5, p. 1101-1112, 2013.

VIELLIARD, Jacques ME. O uso da bio-acústica na observação de aves. **II encontro nac. Anilhad. Aves**, p. 98-121, 1987.

WRIGHT, Andrew J. et al. Anthropogenic noise as a stressor in animals: a multidisciplinary perspective. **International Journal of Comparative Psychology**, v. 20, n. 2, 2007.

Yin, L., Wang, C., Han, W., & Zhang, C. (2023). Birds' flight initiation distance in residential areas of Beijing are lower than in pristine environments: implications for the conservation of urban bird diversity. **Sustainability**, 15(6), 4994.

ZANETTE, Liana Y.; CLINCHY, Michael. Ecology of fear. *Current Biology*, [s.l.], v. 29, n. 9, p. 309-313, maio 2019. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2019.02.042>.