

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Setor de Ciências Biológicas

THAYS VERÔNICA PRESTES

RESPOSTAS COMPORTAMENTAIS DE AVES URBANAS À PERTURBAÇÃO  
ANTROPOGÊNICA EM ÁREAS VERDES DE CURITIBA, PR

CURITIBA

2016

THAYS VERÔNICA PRESTES

RESPOSTAS COMPORTAMENTAIS DE AVES URBANAS À PERTURBAÇÃO  
ANTROPOGÊNICA EM ÁREAS VERDES DE CURITIBA, PR

Monografia apresentada à Universidade Federal do Paraná para avaliação da disciplina Estágio Supervisionado em Biologia II (BIO027), do curso de Ciências Biológicas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profª Drª Lilian Tonelli Manica

Coorientador: Dr. André de Camargo Guaraldo

CURITIBA

2016

## Agradecimentos

A Deus, por ter me ouvido e confortado nos momentos difíceis. Confio que aqueles que estão ao Seu lado agora estejam em paz, embora a saudade seja forte.

Aos meus orientadores Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lilian Manica, e Dr. André Guaraldo, que conversaram comigo e confiaram que eu iria experimentar e explorar, e assim continuarmos o trabalho. Foi maravilhoso ter a sua confiança e por me encorajarem. Esse foi um ano de muito aprendizado e devo grande parte disso a vocês, por isso muito obrigada.

Aos meus pais, Lucia e Luiz, por todo o amor, suporte, e cuidados que me dedicaram, por me inspirarem todos os dias a ser a melhor versão de mim mesma. Amo vocês. A Cesar, *meine liebe Bruder*, pelos conselhos e apoio, não sei o que faria sem você. Obrigada pela paciência de vocês e por terem tirado tempo para “caçar passarinho” comigo.

Ao meu melhor grupo de dois, Bianca Cristini, por termos sobrevivido esses semestres como as boas aventureiras que somos, sei que não teria ninguém melhor para me acompanhar nessa jornada. Sou infinitamente grata por você ter esse lado perseguidor desde o segundo dia de aula, e que nossa amizade pôde crescer tanto desde então. Obrigada por concordar comigo em como aquele caminhão era hilário, por ser a melhor guia de banhado e por ter ficado ao meu lado mesmo quando o meteoro não veio. Acredito que não existe elogio maior do que ouvir que somos “praticamente a mesma pessoa”, pois sei que não há nada que sua mente não seja capaz de fazer. Obrigada por acreditar em mim e me acompanhar para caçar passarinho.

Agradeço a Larissa Halama, minha irmã, por todos os “pensamentos positivos” e privilégio da sua amizade, obrigada por fazer parte dos momentos mais importantes da minha vida. Obrigada por me encorajar e apoiar mesmo não tendo mais as danças na via rápida.

Agradeço a Angela Maria Cristina, que esteve comigo desde o primeiro e-mail. Sua confiança e apoio foram fundamentais para eu estar aqui hoje. Sua amizade se tornou uma parte inquestionável nas minhas conquistas. Muito obrigada.

A Matheus, meu parceiro para qualquer aventura, obrigada por prometer me contar piadas eternamente só para me ver feliz. Simplesmente obrigada por todos esses anos e por ter voltado. Você faz toda a diferença na minha vida.

Aos meus amigos Ingrid, Maíra e Vinicius, obrigada por todo o amor e apoio, não só nesse ano, mas desde que nos conhecemos. Vocês compõem a melhor gangue que qualquer um poderia desejar, e me ajudaram mais do que vocês imaginam. Aos meus colegas de laboratório Eduardo, Fernando, Gabriel, Juliane, Laura, Pedro e Stephanie, por todos os ensinamentos e conversas que tiveram comigo esse ano.

Eu poderia passar minha vida aqui tentando lhes fazer justiça, mas vocês são muito mais fantásticos do que eu sou capaz de reproduzir com simples palavras, muito obrigada mais uma vez.

A Niantic, Inc. desenvolvedora de *Pokemon GO*, por contribuir para a grande visitação dos parques da cidade nesses últimos meses.

*“A verdadeira viagem de descobrimento não consiste em procurar novas paisagens, e sim em ter novos olhos. ”*

*(Marcel Proust)*

## Resumo

Espécies de aves que se adaptaram à urbanização podem apresentar respostas comportamentais distintas para as mudanças no ambiente. O comportamento de fuga é essencial para a sobrevivência e pode ser um indicador do processo de habituação dos animais à presença humana. No entanto, a proximidade com o ser humano pode alterar alguns comportamentos, como o forrageamento, a distância em que o indivíduo demonstra alerta em relação a uma potencial ameaça e a fuga. Amostramos a taxa de forrageamento, a distância de alerta (DA), a distância de início de fuga (DIF) e a distância da fuga (DF) em relação à aproximação da pesquisadora a indivíduos de aves em seis áreas verdes urbanas de Curitiba-PR. Para tanto, utilizamos três espécies-modelo neste estudo experimental, o joão-de-barro (*Furnarius rufus*), quero-quero (*Vanellus chilensis*) e sabiá-laranjeira (*Turdus rufiventris*). Relacionamos as respostas dessas aves às variações do número de pessoas nas suas áreas de vida. Utilizando um modelo linear misto, demonstramos que o número de pessoas não influenciou a taxa de forrageamento das aves. No entanto, o modelo indicou que a DA, DIF e DF foram relacionadas à presença de pessoas: quanto maior o número de pessoas menores foram as distâncias para os indivíduos-focais. Também encontramos diferenças nas estratégias de fuga, com fugas em voo tendendo a ser realizadas com DA, DIF e DF maiores do que fugas caminhando. Para as espécies-modelo, as respostas de alerta e fuga das aves se alteraram temporalmente, sugerindo ser esta uma estratégia que assegurou a manutenção de taxas de forrageamento constantes independentemente do número médio de pessoas que cercavam a ave. Nossos resultados fornecem evidências de que as espécies-modelo possuíram plasticidade comportamental indicando uma possível tolerância à variação da densidade de pessoas em um mesmo local.

Palavras-chave: comportamento, forrageamento, fuga, perturbação humana

## Abstract

Bird species adapted to urbanization may present distinct behavioral responses to environmental changes. The flight behavior is essential to survival and can be an indicator of animal habituation. The proximity to humans could influence bird behaviors, such as foraging, the distances at which the individual becomes alert after a potential threat and flight. We sampled foraging rate, alert distance (AD), flight initiation distance (FID) and flight distance (FD) of birds in relation to the researcher approach in six green urban areas of Curitiba, Brazil. We use three species for the experimental study, rufous hornero (*Furnarius rufus*), southern lapwing (*Vanellus chilensis*) and rufous-bellied thrush (*Turdus rufiventris*). We related these variables to the variation in the number of people within bird home range area. Using linear mixed model we showed that the number of people do not influence the foraging rate of birds. However, the model indicated that AD, FID and FD decreases with the number of people surrounding the birds. We also found differences in escape strategy; flight strategy was associated with higher AD, FID and FD than walk strategy. For the species we studied, the vigilance and flight responses were temporally changed and were apparently a strategy that ensured the maintenance of foraging rate, which was constant independently of the number of people surrounding them. Our results provide evidence that our species-models showed behavioral plasticity indicating a possible tolerance to the variability in the number of people in their living area.

Keywords: behavior, foraging, flight, human disturbance

## Sumário

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 Introdução</b> .....               | <b>7</b>  |
| <b>2 Objetivos</b> .....                | <b>11</b> |
| 2.1 Objetivos gerais .....              | 11        |
| 2.2 Objetivos específicos .....         | 11        |
| <b>3 Materiais e métodos</b> .....      | <b>12</b> |
| 3.1 Área de estudo.....                 | 12        |
| 3.2 Coleta de dados .....               | 12        |
| 3.3 Análise de dados.....               | 14        |
| <b>4 Resultados</b> .....               | <b>16</b> |
| 4.1 Forrageamento.....                  | 16        |
| 4.2 Vigilância e fuga.....              | 17        |
| <b>5 Discussão</b> .....                | <b>20</b> |
| 5.1 Forrageamento.....                  | 20        |
| 5.2 Vigilância e fuga.....              | 21        |
| <b>6 Conclusão</b> .....                | <b>24</b> |
| <b>Referências bibliográficas</b> ..... | <b>26</b> |

## 1 Introdução

Aves são sensíveis às mudanças no ambiente, que se encontra intensamente alterado em locais urbanizados. Nas cidades, as áreas verdes como parques, praças e jardins se tornam abrigos preferenciais para a fauna nativa (Fernández-Juricic, 2001). Embora a pressão de caça não seja predominante em ambientes urbanos no Brasil, atividades recreativas ao ar livre como caminhadas, passeios, exercícios e turismo também podem gerar impactos à vida silvestre (Collins-Kreiner *et al.*, 2013). Por exemplo, o trânsito de pessoas reduz a frequência de comportamentos essenciais para a sobrevivência e reprodução das aves, como a busca de material para construção de ninho, o cuidado com a prole e a busca por alimento (Ikuta e Blumstein, 2003). Algumas aves podem, ainda, diminuir o tempo dedicado ao forrageamento para aumentar o tempo em atividades de vigilância e fuga (Fernández-Juricic e Tellería, 2000). Indivíduos que não conseguem se habituar a essa situação são forçados a buscar outras áreas de alimentação potencialmente menos favoráveis, podendo levar ao aumento das taxas de mortalidade das populações (Blumstein, 2006) e até à extinção local de espécies. Além disso, considerando que a seleção natural favorece indivíduos que são mais bem-sucedidos ao escape de predadores (Ydenberg, 1986), a exposição frequente aos seres humanos pode selecionar espécies e indivíduos menos sensíveis a esses riscos. Portanto, espécies habituadas à presença de pessoas podem apresentar uma plasticidade comportamental ampla para se adequarem a esse cenário (Lin *et al.*, 2012; Pierre e Ducatez, 2013).

Um exemplo de comportamento crucial a sobrevivência das aves é a fuga. Este comportamento resulta em custos e benefícios para o indivíduo, além de envolver diferentes estratégias. Por exemplo, um animal deve ser capaz de avaliar a distância necessária para estar a salvo de um ataque, assim como a direção em que deve fugir e onde encontrará refúgio em caso de necessidade (Cooper e Blumstein, 2015). Na aproximação de um possível predador, uma resposta comportamental inclui desde a vigilância até mudanças no forrageamento, podendo culminar em fuga (Steven *et al.*, 2011). Assim, os indivíduos enfrentam uma demanda conflitante entre permanecerem em um local em busca de alimento e correrem o risco de serem capturados por um predador ou fugirem, abandonando sua área de alimentação (Blumstein *et al.*, 2003; Piratelli *et al.*, 2015). Em outras palavras, os animais precisam maximizar as suas

chances de sobrevivência ao mesmo tempo em que minimizam os custos durante suas atividades vitais diárias.

As aves apresentam respostas comportamentais facilmente detectáveis e mensuráveis em campo frente à presença de uma ameaça. Um modo de se medir isso é através da distância de alerta (DA) que indica a posição espacial da ave em relação a um potencial predador quando ela detecta o sinal de risco (Figura 1, Blumstein, 2006; Weston *et al.*, 2012). No caso de um experimento em campo, por exemplo, é uma medida representativa do ponto no espaço em que tem início a perturbação exercida pela aproximação de uma ameaça simulada ou observador (Tarlow e Blumstein, 2007). Em aves, especificamente, as alterações comportamentais que indicam o estado de alerta são a cabeça erguida (Whitfield *et al.*, 2008), o examinar constante do ambiente (Schlacher *et al.*, 2013) e a interrupção momentânea das suas demais atividades.

A distância de iniciação de fuga (DIF, Figura 1) é outra medida que nos permite avaliar a resposta comportamental das aves e indica a distância em relação a uma potencial ameaça na qual o indivíduo inicia a fuga (Cooper e Perez-Mellado, 2011), podendo se afastar caminhando ou voando. Em áreas urbanas, por exemplo, essa medida pode ser utilizada como um indicativo de tolerância das aves à presença humana, isto é, espera-se que indivíduos mais tolerantes apresentem menores valores de DIF. A distância de fuga (DF, Figura 1) é a distância deslocada pelo animal após sofrer uma perturbação ou detecção de uma ameaça próxima. A DF representa a distância entre a fonte da perturbação e o animal após a fuga e é medida como a menor distância entre a DIF e o ponto em que o indivíduo parou de se movimentar após iniciar a fuga. Além disso, a DIF se associa com outros aspectos da vida da ave, podendo influenciar nos comportamentos de vigilância e forrageamento (Blumstein, 2006).

Estudos apontam que aves que estão frequentemente expostas aos humanos tendem a ter DA, DIF e DF menores devido à habituação (Miller *et al.*, 2001; Ikuta e Blumstein, 2003; Cooper e Perez-Mellado, 2011). Esse processo se origina na exposição constante a um estímulo perturbador, como a aproximação de um ser humano, o qual a longo prazo é associado pelas aves como um estímulo de baixos riscos (Blumstein, 2006; Weston *et al.*, 2012; Guay *et al.*, 2013). Considerando que os animais ajustam o seu comportamento em relação aos estímulos do ambiente, é

possível inferir que a flexibilidade comportamental favorece sua habituação ao processo de urbanização (Lin *et al.*, 2012).

Medidas de respostas comportamentais das aves frente ao risco de predação, como a DIF, podem ter aplicações práticas em estratégias conservacionistas e de uso do espaço público. Considerando que as aves tendem a evitar a aproximação de humanos sempre que possível (98,5% dos eventos, presente estudo), as medidas de DIF podem ser usadas para definir áreas de restrição, ou seja, áreas com acesso limitado por pessoas em locais de uso público. Tais áreas de restrição servem para a proteção e refúgio aos animais, representando locais onde há condições para as aves se comportarem como se estivessem em seu hábitat natural, protegidos da perturbação humana (Ikuta e Blumstein, 2003). Dessa forma, é possível reduzir os efeitos negativos dos impactos causados pela interação do homem com a natureza (Fernández-Juricic, 2001).

Quando obtidos, os valores de DA e DIF são espécie-específicos e podem auxiliar na administração mais eficiente de áreas verdes urbanas. Entretanto, deve-se ter cautela, pois, esses parâmetros variam conforme o sexo, peso, as condições de saúde do animal e outras variações individuais (Blumstein *et al.*, 2003). Ainda assim, são parâmetros que podem ser utilizados para reduzir o impacto causado pelo ser humano sobre os animais (Tarlow e Blumstein, 2007). As medidas de DIF e DA podem ser utilizadas para mensurar o estresse antropogênico sobre aves e sobre outros grupos taxonômicos, como mamíferos (e.g. cervos e alces, Stankowich, 2008) e répteis (Cooper, 2008), mas infelizmente ainda existe um grande déficit dessas medidas disponíveis na literatura (Weston, *et al.*, 2012).

Investimentos governamentais em áreas verdes provêm de medidas públicas que visam o cuidado com o meio, o fornecimento de atrações, lazer e a melhoria de qualidade de vida para a população. Entretanto, a disponibilidade de área não é o único fator importante para a conservação das aves, visto que a exposição constante aos seres humanos pode levar a respostas adaptativas negativas e altos níveis de estresse (Pierre e Ducatez, 2013). Três estudos exemplificam esses aspectos. No primeiro, indivíduos de cigana (*Opisthocomus hoazin*) apresentaram menor massa corporal e maior resposta hormonal quando submetidos a condições de estresse gerado pela simulação de aproximação de turistas (Mullner *et al.*, 2004). Para o ostraceiro-europeu (*Haematopus ostralegus*), a perturbação gerada por turistas

reduziu suas atividades de cuidado parental (Verhulst *et al.*, 2001). No terceiro exemplo, as atividades humanas envolvendo turismo e atividades de pesquisa científica reduziram o número de ovos incubados e a taxa de sobrevivência dos filhotes de pinguim-de-adélia (*Pygoscelis adeliae*) (Giese, 1996).

Conhecer os parâmetros DA, DIF e DF é, portanto, uma importante ferramenta para definir estratégias operacionais (e.g.: design e paisagismo) e estruturais (e.g.: posições de canteiros e trilhas) para as áreas verdes urbanas visando a conciliar a conservação da avifauna urbana e o uso de áreas verdes pela população. Neste estudo, quantificamos esses parâmetros para três espécies de aves em ambientes urbanizados em Curitiba, PR, considerando diferentes cenários de perturbação antropogênica. O joão-de-barro (Furnariidae, *Furnarius rufus*), quero-quero (Charadriidae, *Vanellus chilensis*) e sabiá-laranjeira (Turdidae, *Turdus rufiventris*) foram as espécies-modelo escolhidas por sua abundância nas áreas verdes da cidade e por forragearem no solo, portanto, sob constante perturbação pela presença de pessoas.

## 2 Objetivos

### 2.1 Objetivo geral

Nosso objetivo foi avaliar o impacto da perturbação humana sobre três espécies de aves em áreas verdes de Curitiba, testando se elas alteram seus comportamentos de forrageamento, vigilância e fuga em função do número de pessoas próximas a elas, através da recorrência de encontros com humanos.

### 2.2 Objetivos específicos

Nossos objetivos específicos envolvem o teste de hipótese utilizando as medidas que indicam a tolerância dos animais frente à aproximação de um ser humano. Especificamente, testamos a hipótese de que ocorre alteração na taxa de forrageamento, no comportamento de fuga e vigilância das aves de acordo com a variação no número de pessoas presentes nos locais amostrados. Esperávamos que, em dias com presença de maior número de pessoas, as aves apresentassem menores DA, DIF e DF, indicando uma maior tolerância à aproximação humana. Quanto à taxa de forrageamento, a direção da sua relação com o número de pessoas não pôde ser previsível. Esperávamos tanto um aumento, caso o acesso aos recursos fosse limitado pela presença de humanos na área de alimentação, quanto uma diminuição, caso o investimento em vigilância e fuga demandassem um maior tempo de atividade.

### 3 Materiais e métodos

#### 3.1 Área de estudo

Realizamos as amostragens no decorrer de 25 dias durante os meses de agosto e setembro de 2016, totalizando 26 horas de esforços em campo. Evitamos coletar os dados em dias chuvosos ou com vento forte. Amostramos o comportamento das aves nas seguintes áreas verdes de Curitiba: Jardim Botânico (25°26'31"S, 49°14'27"O), Parque Barigui (25°25'32"S, 49°18'58"O), Parque São Lourenço (25°23'13"S, 49°16'10"O), Passeio Público (25°25'32"S, 49°16'11"O), Campus Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná (25°27'6"S, 49°13'55"O) e Fazenda Experimental Canguiri da Universidade Federal do Paraná (25°27'34"S, 49°15'54O). Estas localidades foram escolhidas por apresentarem áreas maiores que 60 mil m<sup>2</sup> para garantir a maior amostragem possível sem repetir as amostragens de cada indivíduo e por apresentarem marcada variação no número de pessoas quando comparados os dias úteis e finais de semana. Em finais de semana, as pessoas costumam utilizar mais intensamente os espaços abertos para exercícios e lazer, espaços estes normalmente ocupados pelas aves durante os dias de semana (exceto no caso das duas últimas áreas, onde o padrão de uso da área é invertido, com mais pessoas presentes nos dias de semana). Escolhemos essas áreas também pelo grande espaço coberto por gramados, locais onde as espécies-modelo costumam forragear.

#### 3.2 Coleta de dados

Nas áreas de estudo, realizamos a busca ativa por indivíduos das três espécies-modelo enquanto estavam forrageando no solo. Ao localizar um animal foco, contamos o número de pessoas próximas à área de forrageamento da ave (i.e., dentro de um raio de 20 m em torno do animal, número definido por questões práticas). Realizamos a observação do animal foco por um tempo mínimo de 5 minutos, para quantificar a taxa de forrageamento da ave a partir do número de manobras de captura de alimentos (i.e., bicadas no solo), fossem elas bem-sucedidas na captura de presas ou não. Após este período, realizamos outra contagem de visitantes presentes nas

proximidades do animal foco. Para a amostragem da DA e da DIF, seguindo o método de Blumstein e Fernández-Juricic (2004), só amostramos animais que não estavam visivelmente alarmados e em estado de alerta no início da observação, por sofrer aproximações de pedestres anterior ao nosso experimento, ou também que estavam no ninho.

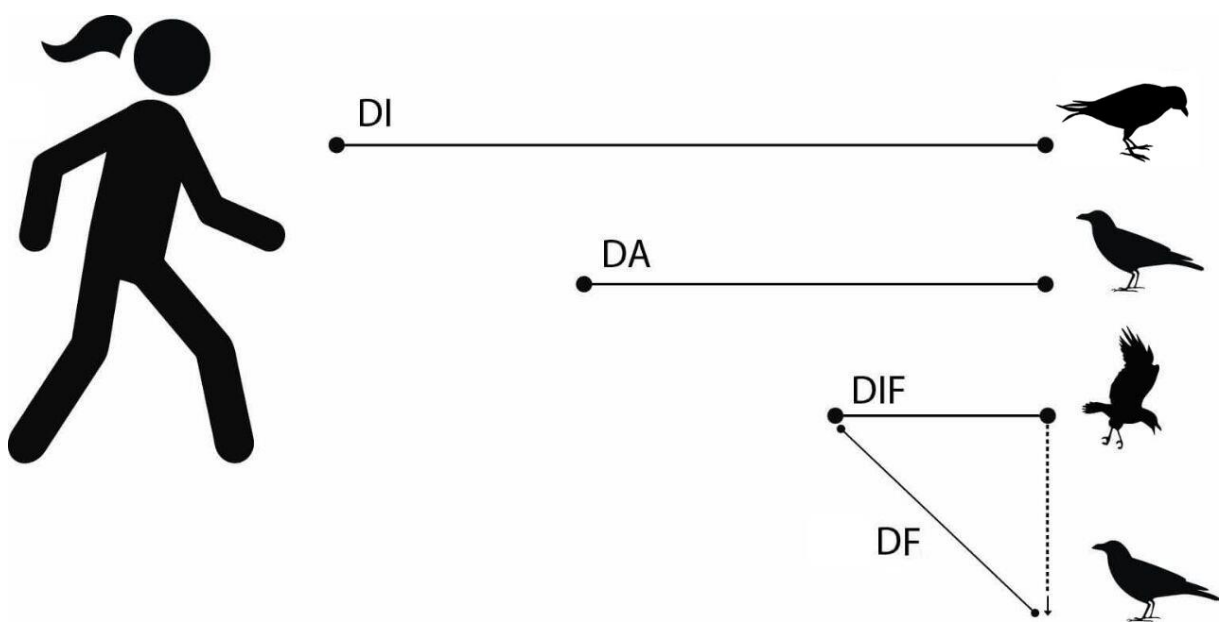
Após determinarmos o animal foco para a medição da DA e DIF, realizamos a aproximação ao animal, seguindo uma trajetória linear em velocidade regular de caminhada (0,5-1 m/s), até incitar os comportamentos de alerta e de fuga (Figura 1). O primeiro foi definido pela mudança na postura inicial da ave (i.e., levantamento da cabeça, interrupção da atividade de forrageamento) ou início de vocalização de alerta. O segundo comportamento foi definido como o momento em que a ave iniciou o voo ou caminhou rapidamente em direção oposta à da pesquisadora em aproximação.

Marcamos o ponto onde a ave se posicionou em alerta e o ponto a partir do qual a ave fugiu. Durante a realização da aproximação, marcamos no chão a localização em que a pesquisadora estava quando a ave demonstrou cada um dos comportamentos e com uma trena determinamos a DA e o DIF. Para medir a DF, marcamos com uma trena a distância aproximada entre o local em que a pesquisadora estava quando a ave iniciou a fuga (DIF) e o refúgio ou local de pouso, assumindo que essa distância assegurava segurança ao animal contra a ameaça representada pela pesquisadora. Garantimos que a distância inicial (DI, Figura 1) entre a pesquisadora e a ave, antes do início da aproximação, foi de no mínimo 20 m e no máximo 30 m.

Em cada área, realizamos todas as amostragens duas vezes por semana, a primeira em um dia útil (segunda a sexta-feira) e a segunda em um final de semana ou feriado, para assegurar variação no número de pessoas existentes nas áreas de estudo. Além disso, as amostragens foram feitas com no mínimo três dias de intervalo entre as observações e cada animal foco foi submetido ao experimento de aproximação apenas uma vez em um mesmo dia. Garantimos, dessa forma, que a ave não desenvolveu uma habituação ao experimento (Li *et al.*, 2011).

Para garantirmos que não ocorreu repetição de amostragem do mesmo animal (i.e., pseudoréplica), já que os mesmos não foram marcados, realizamos cada dia de amostragem em regiões distintas e distantes entre si em cada área de estudo, assegurando que as amostragens ocorreram dentro de territórios ou áreas de vida de indivíduos ainda não amostrados. Seguindo o método de Cooke (1980), só

amostramos indivíduos forrageando sozinhos ou em grupos menores do que quatro indivíduos, pois as aves podem ter reações diferentes quando ocorre vigilância coletiva. Também não amostramos animais muito próximos ao animal foco amostrado anteriormente, pois poderiam ter sido perturbados indiretamente durante a experimentação. Em todos os dias de amostragem, a pesquisadora utilizou uniforme padronizado, que incluiu camiseta ou agasalho de cor neutra (branco), calça jeans azul e tênis, para assegurar que a ave tenha reagido à aproximação da pesquisadora e não à cor da vestimenta.



**Figura 1:** Representação da aproximação da pesquisadora à ave com a distância inicial (DI), distância de alerta (DA), distância de iniciação de fuga (DIF) e a distância de fuga (DF) do animal.

### 3.3 Análise de dados

Verificamos a partir do teste de Shapiro-Wilk a normalidade dos dados amostrados. As variáveis não apresentaram distribuição normal, então utilizamos a raiz quadrada para os valores de taxa de forrageamento ( $W=0,99$ ,  $p=0,20$ ), DA ( $W=0,97$ ,  $p=0,02$ ), DIF ( $W=0,96$ ,  $p=0,01$ ) e DF ( $W=0,96$ ,  $p=0,01$ ) para um melhor ajuste. Teste de correlação de Pearson entre as variáveis DA e DIF ( $r=0,77$ ,  $p<0,05$ ,  $gl=129$ ), DA e DF ( $r=0,54$ ,  $p<0,05$ ,  $gl=129$ ) e DIF e DF ( $r=0,64$ ,  $p<0,05$ ,  $gl=129$ ), considerando valores ajustados de significância pela correção de Bonferroni, demonstrou que as três variáveis eram correlacionadas. Portanto, fizemos uma

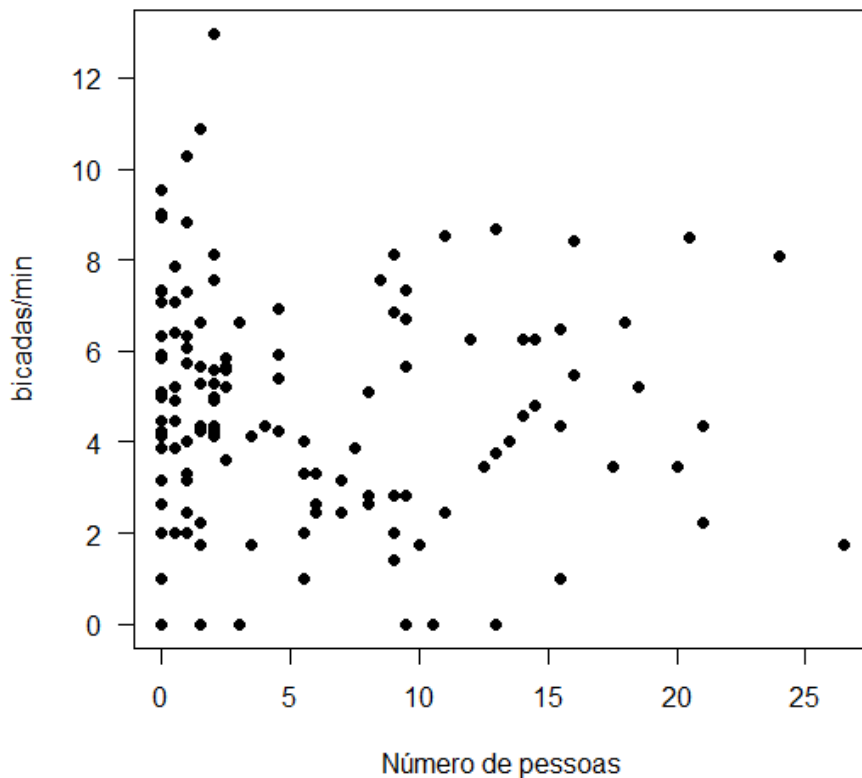
análise de componentes principais, de modo que o conjunto de observações dessas três variáveis passou a ser representado por um único conjunto de valores (i.e., primeiro componente principal, PC1), utilizado no teste seguinte. O PC1 representou 77,5% da explicação da variância total dos dados e relacionou-se negativamente com DA, DIF e DF (autovalores:  $-0,40$ ,  $-0,50$  e  $-0,77$ ; correlações com PC1:  $-0,77$ ,  $-0,85$  e  $-0,93$  respectivamente). Portanto, maiores valores de PC1 representaram menores valores de DA, DIF e DF.

Por fim, utilizamos modelos lineares mistos para testar a relação do PC1 com o tipo de fuga e número médio de pessoas na área e da taxa de forrageamento com o número médio de pessoas. Para controlar possíveis diferenças entre as espécies, incluímos a identidade da espécie como variável de efeito aleatório em ambos os modelos. Avaliamos a homogeneidade do modelo linear misto plotando o gráfico dos resíduos pelas variáveis preditoras e concluímos que a dispersão dos dados foi homogênea em ambos os modelos.

## 4 Resultados

### 4.1 Forrageamento

Obtivemos um total de 133 observações de forrageamento distribuídas entre animais-focos das três espécies, sendo 51 de *F. rufus*, 47 de *V. chilensis* e 35 de *T. rufiventris*. A taxa de forrageamento não foi influenciada pelo número de pessoas na área ( $\beta=-0,009\pm 0,01$ ,  $t=-0,83$ ,  $gl=127$ ,  $p=0,4$ ), indicando que a presença de pessoas nos parques não modificou o comportamento de busca de alimento pelas aves (Figura 2).



**Figura 2:** Distribuição dos dados para a relação entre o número de pessoas presentes nas imediações de cada animal-foco e taxa de forrageamento do indivíduo. Os dados para todas as áreas e espécies de estudo foram agrupados.

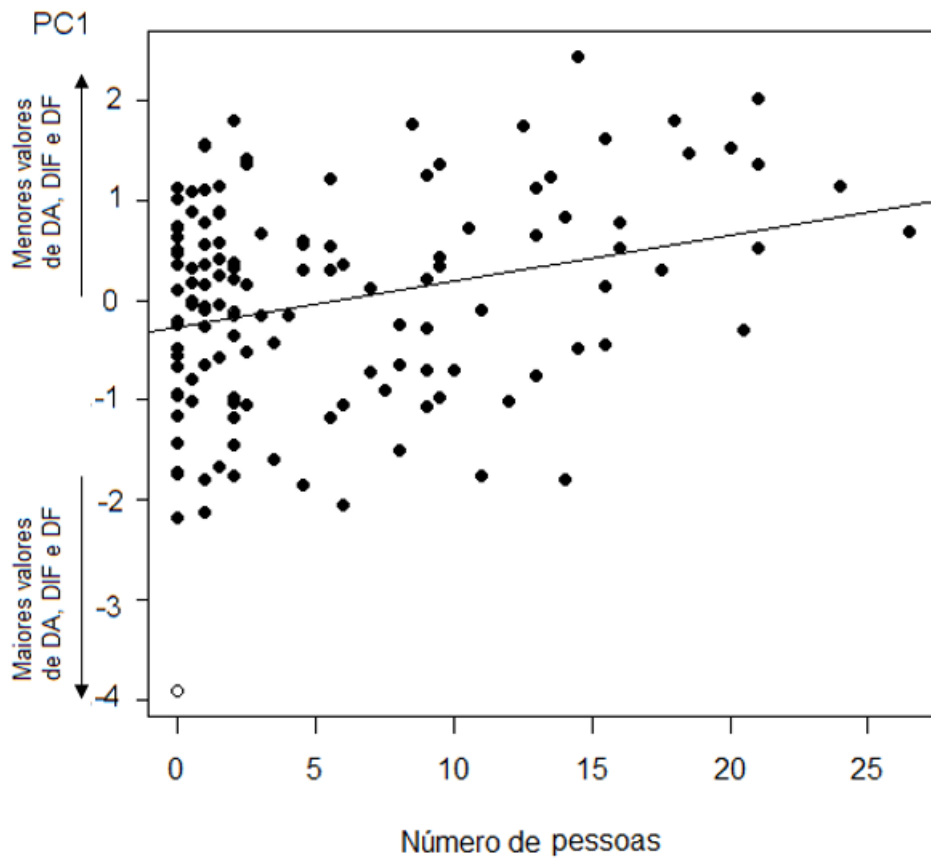
## 4.2 Vigilância e fuga

Do total de 133 aproximações realizadas, apenas em duas não foi possível medir DIF e DF. Em ambos os casos, os animais-focos eram indivíduos de *V. chilensis* que permaneceram imóveis, não executando nenhum comportamento de fuga frente à aproximação da pesquisadora. Para todos os demais casos, encontramos que as medidas de DA, DIF e DF variaram entre as espécies (Tabela 1), cujo efeito foi controlado em nossos modelos lineares mistos pela inclusão do efeito aleatório (variância do efeito aleatório: 0,46).

**Tabela 1:** Média e desvio padrão da distância de alerta (DA), distância de início de fuga (DIF) e distância de fuga (DF) por espécie amostrada durante os experimentos de aproximação. Todas as medidas em metros e considerando as amostras de todas as áreas de estudo agrupadas.

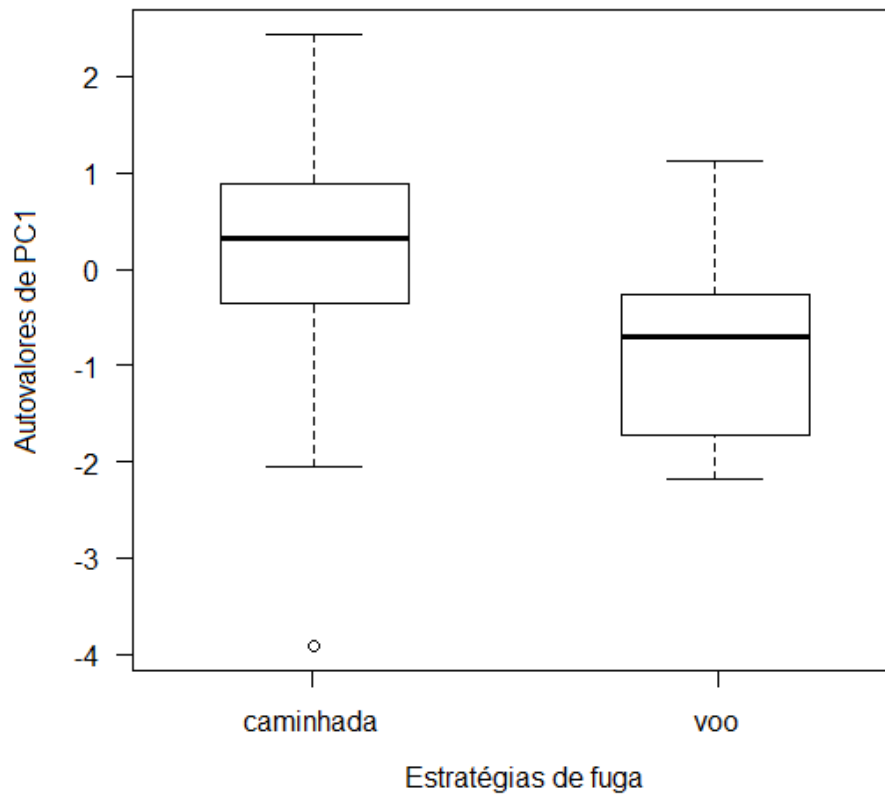
| <b>Espécie</b>            | <b>DA</b> | <b>DIF</b> | <b>DF</b> |
|---------------------------|-----------|------------|-----------|
| <i>Furnarius rufus</i>    | 4,7±1,98  | 2,6±1,6    | 5,6±5,5   |
| <i>Turdus rufiventris</i> | 6,5±2,4   | 4,2±2,3    | 7,9±5,5   |
| <i>Vanellus chilensis</i> | 7,9±3,3   | 5,3±3,3    | 8,3±3,8   |

O PC1 relacionou-se positiva e significativamente com o número médio de pessoas ao redor dos indivíduos ( $\beta=0,04\pm0,01$ ,  $t=4,09$ ,  $gl=126$ ,  $p=0,0001$ ). Isso indica que com o aumento no número de pessoas na área, os valores de DA, DIF e DF diminuem, pois essas variáveis foram negativamente relacionadas com PC1 (Figura 3). Esse resultado indica que as aves ficaram alertas, iniciaram o voo e fugiram a distâncias menores quando o número de pessoas foi maior.



**Figura 3:** Relação positiva e significativa ( $\beta=0,04\pm 0,01$ ;  $p<0,05$ ) entre o número de pessoas presentes em torno de cada indivíduo-foco e seu respectivo PC1, o qual representa conjuntamente os valores DA, DIF, DF (77,5% de explicação da sua variância total). Maiores valores de PC1 indicam menores valores desses parâmetros.

Os valores de PC1 foram menores quando a ave fugiu em voo ( $\beta_{\text{voo}}=-1,03\pm 0,16$ ,  $t=-6,43$ ,  $gl=126$ ,  $p<0,0001$ ) em comparação com a fuga em caminhada (Figura 4). Esse resultado indica que, na fuga em voo os valores de DA, DIF e DF foram maiores, isto é, as aves permitiram menores aproximações das pessoas e fugiram para maiores distâncias.



**Figura 4:** Valores de PC1 para as estratégias de fuga em voo e caminhando. A fuga em voo apresentou valores significativamente menores de PC1, conseqüentemente representando maiores valores de Distância de Alerta (DA), Distância de Iniciação de Fuga (DIF) e Distância de Fuga (DF).

## 5 Discussão

### 5.1 Forrageamento

A taxa de forrageamento não apresentou alteração significativa em relação aos diferentes níveis de perturbação humana, ou seja, as aves mantiveram a taxa de busca por alimento mesmo com um maior número de pessoas presentes nos parques. Esse resultado contradiz outros estudos que apontam, por exemplo, uma redução na taxa de forrageamento de melro-preto (*Turdus merula*) com o aumento no número de pedestres nos parques (Fernández-Juricic e Tellería, 2000). O mesmo aconteceu para o corvo-marinho-de-crista (*Phalacrocorax aristotelis*), cujo forrageamento também foi reduzido com o aumento do turismo na região (Velandó e Munilla, 2011).

A manutenção da taxa de forrageamento no nosso estudo pode ser consequência de habituação dos indivíduos ao funcionamento dos parques e à interação com as pessoas ao longo do tempo. É possível que a constante taxa de forrageamento tenha sido favorecida devido ao fato da presença de pessoas no entorno de uma ave durante a busca de alimento não oferecer, historicamente nessas áreas, risco à sua sobrevivência. Dessa forma, deixar de se alimentar em dias com intensa atividade humana passaria a conferir uma desvantagem à ave, pois reduziria o seu acesso a recursos sem alterações em seu risco de mortalidade. Em relação à busca por alimento, as aves apresentaram, portanto, tolerância à aproximação humana, comportamento que favorece e explica a permanências desses indivíduos em parques públicos (Blumstein, 2016). Porém, para testar efetivamente a hipótese de habituação seria necessário realizar o monitoramento do comportamento de um mesmo indivíduo ao longo do tempo e avaliar sua resposta à repetidos experimentos de aproximação. Dessa forma, a interpretação do comportamento como uma habituação neste estudo deve ser considerada com cautela. Sugerimos que futuros experimentos levem em conta repetições de amostragens de um mesmo indivíduo.

Apesar da presença das pessoas poder conferir certo risco às aves, nossos dados indicam que os indivíduos conseguiram manter suas taxas de forrageamento constantes. Considerando a intensa ocupação humana nos parques em finais de semana, é possível, no entanto, que a busca por alimento se torne mais difícil, inclusive devido à restrição de locais para o deslocamento das aves na área e menor

disponibilidade de locais favoráveis ao forrageamento. Para superar essas adversidades, as aves podem modificar a utilização da área, buscando locais mais próximos a refúgios ou mais isolados para forragear. Considerando que a alimentação é uma atividade essencial para a sobrevivência, reduzir a mesma para manter um nível um pouco maior de segurança talvez não seja a melhor estratégia. Pode ser que assumir um risco maior de exposição aos humanos seja uma estratégia estabelecida historicamente por essas populações para evitar comprometer seu forrageamento. Análises mais detalhadas devem ser feitas em estudos futuros, nos quais os indivíduos deverão ser marcados com anilhas coloridas, para obter dados conclusivos sobre o aspecto adaptativo destas estratégias.

## 5.2 Vigilância e fuga

A perturbação humana muda processos fisiológicos e comportamentais das aves, podendo desencadear respostas de estresse (e.g. aumento da taxa de batimentos cardíacos) ou de fuga (Steven *et al.*, 2011). Persistir em um ambiente alterado exige certas adaptações das aves, como a diminuição que encontramos neste estudo para as distâncias de vigilância e fuga nos experimentos.

Encontramos menores valores de DA, DIF e DF quando houve um maior número de pessoas próximas às aves, assim como outros estudos do gênero. O estudo de Lin *et al.* (2012), com 36 espécies de aves na China, mostrou que quanto maior o grau de urbanização, menor foi o DIF das aves amostradas. O trabalho de Jimenez *et al.* (2013) com corvídeos (*Pyrrhocorax graculus* e *P. pyrrhocorax*) e o de Prieto *et al.* (2008) com o melro-preto (*Turdus merula*) demonstram que o maior número de visitantes nos parques diminuiu a DIF. Este padrão é também consistente em outros grupos taxonômicos, como no estudo de Cooper (2010) com lagartos (*Anolis lineatopus* e *A. grahami*), que apresentaram DIF menores na presença de um maior número de pessoas.

As condições do ambiente urbano fazem com que os animais se acostumem a condições específicas (Lin *et al.*, 2012), pois as mudanças ocorrem geralmente de modo gradativo com o crescimento das cidades. Populações de espécies que vivem nesses ambientes acompanham o desenvolvimento urbano e passam a apresentar

respostas comportamentais diferentes das espécies que vivem em áreas mais afastadas dos centros urbanos. A plasticidade de comportamento tem papel fundamental durante os processos de urbanização (Lin *et al.*, 2012), pois as mudanças no ambiente urbano requerem adaptações por parte das aves. A mudança na presença de pessoas nos parques da cidade ao longo da semana é um exemplo de processo que requer um ajuste, que pode ser representada pela plasticidade comportamental dos indivíduos que ali habitam.

Em áreas com diferentes níveis de perturbação humana, as aves se tornaram mais tolerantes às aproximações quando ocorre o aumento do número de pessoas (Samia *et al.*, 2015). Entretanto, nossos resultados apontam que o mesmo efeito pode acontecer dentro de uma mesma área em que há variação nos níveis de perturbação ao longo do tempo. O aumento da tolerância das aves permite que o animal fique menos tempo alerta e fuja por distâncias mais curtas, aproveitando melhor a área de alimentação e otimizando seus gastos energéticos. Em conjunto, estes comportamentos favorecem a permanência dessas aves em ambientes com perturbação humana (Jimenez *et al.*, 2013). Nossos resultados apontam que DA, DIF e DF são menores quando mais pessoas estão nos parques, o que pode também explicar a taxa constante de forrageamento independente do número de pessoas presentes em torno da ave. Possivelmente devido à habituação, a ave aparentemente mantém o equilíbrio entre as atividades de vigilância, fuga e a busca por alimento. Em outras palavras, ao diminuir as DA, DIF e DF quando há mais pessoas, a ave conseqüentemente diminui o tempo que utiliza para essas atividades, podendo então utilizá-lo para manter a taxa de forrageamento.

A redução da DA, DIF e DF é ocasionada possivelmente pela constante aproximação das pessoas e a sua associação pelas aves a um evento que não lhe representa ameaça na maior parte das vezes em que ocorre (Blumstein, 2006; Weston *et al.*, 2012; Guay *et al.*, 2013). Embora a ave se exponha a maiores riscos ao reduzir essas distâncias, esse risco pode ser superado considerando que áreas com grande perturbação humana também afugenta os predadores (Li *et al.*, 2011), especialmente de espécies de médio porte como é o caso das espécies-modelo deste estudo. Desse modo, a presença de seres humanos pode limitar a disponibilidade de alimento ou locais para a fuga, mas oferece também áreas mais seguras em relação aos predadores naturais das aves.

Apesar da aparente habituação em relação às respostas de vigilância e fuga, a presença humana pode desencadear outras formas de estresse e alterações comportamentais nas aves (e.g.: respostas hormonais, cuidado parental) que não foram medidas nesse estudo. Barreiras ou cercas que diminuam o acesso das pessoas são ferramentas de manejo efetivas (Ikuta e Blumstein, 2003) que podem reduzir o estresse e garantir uma área de escape para os animais em áreas verdes urbanas com grande visitação pública. Dentre as áreas de estudo, o Jardim Botânico de Curitiba possui áreas cercadas que as aves podem utilizar como refúgio quando o ambiente se encontra sobrecarregado de potenciais predadores ou ameaças (e.g.: pessoas). Quando o número de pessoas é baixo em uma área, as aves se comportam de forma parecida como se não houvesse perturbação (Ikuta e Blumstein, 2003). Desse modo, canteiros podem ser organizados nas outras áreas em que realizamos as amostras desse trabalho de forma a providenciar um refúgio para as aves em dias em que muitas pessoas visitam o local (e.g.: finais de semana).

## 6 Conclusão

O estresse causado pela presença humana nos animais, mesmo nas áreas verdes urbanas, pode influenciá-los em diferentes níveis, incluindo respostas comportamentais. Ao contrário do que era esperado, nossos dados não mostraram alteração na taxa de forrageamento das aves em dias com maior número de pessoas nas proximidades. No entanto, encontramos evidências de que a manutenção de taxas de forrageamento constante podem ser consequência de plasticidade comportamental dessas aves frente à variação do número de pessoas em seu redor. Isso se evidencia pelo suporte dos resultados à nossa hipótese referente às distâncias de vigilância e fuga. Como DA, DIF e DF foram correlacionadas no nosso estudo, as três variáveis sofreram alterações proporcionais em relação à presença humana. As aves passaram menos tempo em alerta, iniciando a fuga a distâncias menores quando ameaçadas pela pesquisadora em dias com maior número de pessoas. Em relação à DF, as aves fugiram para distâncias menores quando houve maior número de pessoas próximas, corroborando nossa hipótese de que a distância até um refúgio, ou local que assegure a sobrevivência da ave, seria menor em finais de semana. Também encontramos diferença no tipo de fuga executado. Quando a ave fugiu em voo, percorreu distâncias maiores do que quando o fez caminhando. Essas alterações indicam que o voo é adotado em situações onde o risco é possivelmente maior, permitindo a fuga para refúgios mais distantes e protegidos. O voo também pode ser adotado para otimizar gastos energéticos, por ser uma atividade que consome mais energia do que a caminhada, quando é realizado compensaria mais percorrer distâncias maiores.

Este estudo quantificou os impactos antrópicos sobre aspectos comportamentais de aves em áreas verdes urbanas de Curitiba, fornecendo subsídios mínimos para adoções de melhores estratégias paisagísticas e estruturais em praças e parques visando a conciliar seu valor urbanístico, social e de conservação de espécies. Dentre estas estratégias, a mais evidente é a necessidade de se considerar a criação de refúgios, mediante o uso de cercas e canteiros, que as aves possam utilizar em dias de grande visitação pública. Adicionalmente, os resultados fornecem evidências de que as aves podem possuir plasticidade comportamental de tolerância à variação da densidade humana em um mesmo local. Desse modo, sugere-se que a

sintopia histórica entre estas espécies pode ser o fator promotor do desenvolvimento de estratégias adaptativas que vêm assegurando a permanência de populações dessas aves nas áreas verdes urbanas. Recomenda-se que avaliações quantitativas destas estratégias em nível individual e em uma maior escala espacial e temporal sejam utilizadas como um próximo passo para elucidar maiores detalhes sobre este importante aspecto comportamental de aves em ambientes urbanos.

## Referências Bibliográficas

BLUMSTEIN, D. T. 2006. Developing an evolutionary ecology of fear: how life history and natural history traits affect disturbance tolerance in birds. *Animal Behaviour*, 71, p. 389 – 399.

BLUMSTEIN, D. T. 2016. Habituation and sensitization: new thoughts about old ideas. *Animal Behaviour*, 120, p. 255 – 262.

BLUMSTEIN, D. T., ANTHONY, L. L., HARCOURT, R., ROSS, G. 2003. Testing a key assumption of wildlife buffer zones: is flight initiation distance a species-specific trait? *Biological Conservation*, 110, p. 97 – 100.

BLUMSTEIN, D. T., FERNANDEZ-JURICIC, E. 2004. Avian risk assessment: effects of perching height and detectability. *Ethology*, 110, p. 273 – 285.

COLLINS-KREINER, N., MALKINSON, D., LABINGER, Z., SHTAINVARZ, R. 2013. Are birders good for birds? Bird conservation through tourism management in the Hula Valley, Israel. *Tourism Management*, 38, p. 31 – 42.

COOKE, A. S. 1980. Observations on how close certain passerine species will tolerate an approaching human in rural and suburban areas. *Biological Conservation*, 18, p. 85 – 88.

COOPER, W. E. Jr. 2010. Escape tactics and effects of perch height and habituation on flight initiation distance in two Jamaican anoles (Squamata: Polychrotidae). *Revista de Biología Tropical*, 58 (4), p. 1199 – 1209).

COOPER, W. E. Jr. 2008. Visual monitoring of predators: occurrence, cost, and benefit for escape. *Animal Behaviour*, 76, p. 1365 – 1372.

COOPER, W. E. Jr., BLUMSTEIN, D. T. 2015. Escape behavior: importance, scope, and variables. In: COOPER, W. E. Jr., BLUMSTEIN, D. T. (Eds.). Escaping from predators: an integrative view of escape decisions. *Cambridge: Cambridge University Press*, p. 5 – 14.

- COOPER, W. E. Jr., PÉREZ-MELLADO, V. 2011. Escape by the balearic lizard (*Podarcis lilfordi*) is affected by elevation of an approaching predator, but not by some other potential predation risk factors. *Acta Herpetologica*, 6(2), p. 247 – 259.
- FERNÁNDEZ-JURICIC, E., JIMENEZ, M. D., LUCAS, E. 2001. Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World: Bird Tolerance to human disturbance in urban parks of Madrid (Spain): Management implications. In: MARZLUFF J., BOWMAN R., DONNELLY R. (Eds.). *Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*. Kluwer Academic Publishers, p. 259 – 273.
- FERNÁNDEZ-JURICIC, E., TELLERÍA, J. L. 2000. Effects of human disturbance on spatial and temporal feeding patterns of blackbird *Turdus merula* in urban parks in Madrid, Spain. *Bird Study*, 47, p. 13 – 21.
- GIESE, M. 1996. Effects of human activity on adielie penguin *Pygoscelis adeliae* breeding success. *Biological Conservation*, 75, p. 157 – 164.
- GUAY, P. J., MCLEOD, E. M., CROSS, R., FORMBY, A.J., MALDONADO, S. P., STAFFORD-BELL, R. E., ST-JAMES-TURNER, Z. N., ROBINSON, R. W., MULDER, R. A., WESTON, M. A. 2013. Observer effects occur when estimating alert but not flight-initiation distances. *Wildlife Research*, 40, 289 – 293.
- IKUTA, L. A., BLUMNSTEIN, D. T. 2003. Do fences protect birds from human disturbance? *Biological Conservation*, 112, p. 447 – 452.
- JIMENEZ, G., MELÉNDEZ, L., BLANCO, G., LAIOLO, P. 2013. Dampened behavioral responses mediate birds' association with humans. *Biological Conservation*, 159, p. 477 – 483.
- LI, C., MONCLÚS, R., MAUL, T. L., JIANG, Z., BLUMSTEIN, D. T. 2011. Quantifying human disturbance on antipredator behavior and flush initiation distance in yellow-bellied marmots. *Applied Animal Behaviour Science*, 129, p. 146 – 152.
- LIN, T., COPPACK, T., LIN, Q., KULEMEYER, C., SCHMIDT, A., BEHM, H., LUO, T. 2012. Does avian flight initiation distance indicate tolerance towards urban disturbance? *Ecological Indicators*, 15, p. 30 – 35.
- MILLER, S. G., KNIGHT, R. L., MILLER, C. K., 2001. Wildlife responses to pedestrians and dogs. *Wildlife Society Bulletin*, 29, p. 124 – 132.

- MULLNER, A., LINSENMAIR, E., WIKELSKI, M. 2004. Exposure to ecotourism reduces survival and affects stress response in hoatzin chicks (*Opisthocomus hoazin*). *Biological Conservation*, 118, p. 549 – 558.
- PIERRE, L., DUCATEZ, S. 2013. European birds adjust their flight initiation distance to road speed limits. *Biology Letters*, 9: 20130417.
- PIRATELLI, A. J., FAVORETTO, G. R., MAXIMIANO, M. F. A. 2015. Factors affecting escape distance in birds. *Zoologia*, 32, p. 438 – 444.
- PRIETO, I. R., FERNÁNDEZ-JURICIC, E., MARTÍN, J., REGIS, Y. 2008. Antipredator behavior in blackbirds: habituation complements risk allocation. *Behavioral Ecology*, 151, p. 371 – 377.
- SAMIA, D. S. M., NAKAGAWA, S., NOMURA, F., RANGEL, T. F., BLUMSTEIN, D. T. 2015. Increased tolerance to humans among disturbed wildlife. *Nature Communications*, 6, p. 1 – 8.
- SCHLACHER, T. A., NIELSEN, T., WESTON, M. A. 2013. Human recreation alters behaviour profiles of non-breeding birds on open-coast sandy shores. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 118, p. 31 – 42.
- STANKOWICH, T. 2008. Ungulate flight responses to human disturbance: A review and meta-analysis. *Biological Conservation*, 141, p. 2159 – 2173.
- STEVEN, R., PICKERING, C., CASTLEY, J. G. 2011. A review of the impacts of nature based recreation on birds. *Journal of Environmental Management*, 92, p. 2287 – 2294.
- TARLOW, E. M., BLUMSTEIN, D. T. 2007. Evaluating methods to quantify anthropogenic stressors on wild animals. *Applied Animal Behaviour Science*, 102, p. 429 – 451.
- VELANDO, A., MUNILLA, I. 2011. Disturbance to a foraging seabird by sea-based tourism: Implications for reserve management in marine protected areas. *Biological Conservation*, 144, p. 1167 – 1174.
- VERHULST, S., OOSTERBEEK, K., ENS, B. J. 2001. Experimental evidence for effects of human disturbance on foraging and parental care in oystercatchers. *Biological Conservation*, 101, p. 375 – 380.

WESTON, M. A., MCLEOD, E. M., BLUMSTEIN, D. T., GUAY, P. J. 2012. A review of flight-initiation distances and their application to managing disturbance to Australian birds. *Emu*, 112, p. 269 – 286.

WHITFIELD, D. P., RUDDOCK, M., BULLMAN, R. 2008. Expert opinion as a tool for quantifying bird tolerance to human disturbance. *Biological Conservation*, 141, p. 2708 – 2717.

YDENBERG, R. C. 1986. The economics of fleeing from predators. *Advances in the Study of Behaviour*, 16, p. 229 – 249.