



Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Biológicas
Pós-graduação em Ecologia e Conservação



SOBREVIVENTES DA CIDADE:

Avaliando a condição corporal das aves em um gradiente urbano na Mata Atlântica

Laura Valeria Cubillos Ariza

Mestrado

Lilian Tonelli Manica

Ecologia Teórica

Curitiba, 2025

1. Resumo:

A urbanização é um dos impactos antrópicos mais extremos e preocupantes na atualidade. Essa perturbação tem provocado alterações fisiológicas, morfológicas e comportamentais na fauna silvestre. Até o momento, a maioria dos estudos que buscavam avaliar o impacto da urbanização em aves concentrou-se em uma única espécie ou em um único biomarcador. Devido a isso, a resposta observada tem sido contrastante, pois alguns estudos não encontram nenhum efeito, enquanto outros relatam efeitos positivos ou negativos. Dada a complexidade dos sistemas imune e neuroendócrino, bem como da resposta fisiológica, e dos fatores intrínsecos associados aos indivíduos, populações e espécies, é fundamental desenvolver um estudo que integre várias espécies com diferentes níveis de susceptibilidade e uma maior variedade de biomarcadores. Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar o impacto da urbanização em aves, considerando um gradiente de urbanização (urbano, rural e natural), espécies com diferentes níveis de susceptibilidade e biomarcadores como: corticosterona, relação heterófilos/linfócitos, micronúcleos, parasitemia, microbioma e coloração. Esperamos encontrar aves mais afetadas à medida que aumenta o grau de urbanização. Para isso, serão obtidos dados morfométricos dos indivíduos, bem como seu estado reprodutivo, idade e sexo. Além disso, serão realizados swabs cloacais e coletadas amostras fecais para análise da diversidade do microbioma, bem como amostras de penas corporais para avaliação de alterações na coloração. Dessa forma, este estudo pode servir como base para a implementação futura de estratégias de conservação da avifauna.

2. Introdução geral

A urbanização representa uma das perturbações antrópicas mais drásticas e radicais de alteração no uso do solo, sendo parte de uma das problemáticas globais mais preocupantes que ameaçam a vida silvestre (Iglesias-Carrasco et al., 2020; Salmón et al., 2018; Teyssier et al., 2018). A criação de áreas urbanas leva à perda e transformação da estrutura da paisagem e dos processos ecológicos (Ibáñez-Álamo et al., 2020), bem como à fragmentação e degradação de habitats naturais (Smith et al., 2021). Dessa forma, as espécies enfrentam novas pressões seletivas, como a poluição sonora, luminosa e química, além de aumentos na temperatura (Salmón et al., 2018; Ibáñez-Álamo et al., 2020; Santos et al., 2025).

Adicionalmente, os organismos estão expostos a fatores bióticos, como alterações nos recursos alimentares, pressões de predação, interações com novas espécies e uma maior perturbação causada pela presença humana (Delgado & French, 2012; Iglesias-Carrasco et al., 2020; Salmón et al., 2018). Como consequência, tem-se observado uma redução na sobrevivência e na área de distribuição de muitas espécies, bem como alterações na riqueza e abundância, nas quais algumas espécies aumentam enquanto outras diminuem (Delgado & French, 2012; Iglesias-Carrasco et al., 2020; Santos et al., 2025).

As novas condições ambientais geradas pela urbanização têm sido associadas ao aumento na proliferação de doenças (Santos et al., 2025) e na prevalência de patógenos em animais silvestres (Salmón et al., 2018). As zonas urbanas podem ser responsáveis por mudanças comportamentais, fisiológicas, imunológicas e morfológicas nas aves que habitam essas áreas, provocando diferenças entre populações urbanas e não urbanas (Bonier et al., 2012; Salmón et al., 2018; Santos et al., 2025; Sol et al., 2013). Biomarcadores como: a corticosterona, que fornece uma medida de estresse fisiológico (Ibáñez-Álamo et al., 2020; Iglesias-Carrasco et al., 2020; Injaian et al., 2020); a razão heterófilos e linfócitos (H/L), relacionada à função imunológica e indicadora de estresse (Ibáñez-Álamo et al., 2020; Santos et al., 2025); a presença de micronúcleos (MN), como consequência da presença de agentes genotóxicos (Tomazelli et al., 2021); a prevalência e parasitemia em resposta ao aumento de espécies exóticas, baixa qualidade do habitat e condições mais quentes (Delgado & French, 2012), que acabam impactando o fitness (Jiménez-Peñuela et al., 2019); traços de coloração, que variam em ambientes urbanos em resposta à mudança nos valores nutricionais dos alimentos e à poluição como fuligem (Salmón et al., 2023; Smith et al., 2021); e a diversidade do microbioma intestinal, que pode ser alterada por perturbações antrópicas (Teyssier et al., 2018), têm sido utilizados para medir o impacto da urbanização em aves, pois são organismos suscetíveis às mudanças ambientais (Gadau et al., 2019; Pereira de Freitas et al., 2024; Tomazelli et al., 2021). Dessa forma, espera-se que populações urbanas de aves silvestres apresentem um estado fisiológico e imunológico mais debilitado (Beaugeard et al., 2018; Iglesias-Carrasco et al., 2020; Seress & Liker, 2015), e que sejam evidenciados custos no tamanho e na condição corporal (Jiménez-Peñuela et al., 2019).

No entanto, as respostas observadas até o momento são contraditórias e a relação parece não ser consistente, pois foram encontrados efeitos positivos, negativos ou ausência de efeito (Ibáñez-Álamo et al., 2020; Iglesias-Carrasco et al., 2020; Jiménez-Peñuela et al., 2019). Esses resultados podem ser explicados por fatores como o foco em uma única espécie, o viés na seleção de espécies mais tolerantes e pela escolha de um único biomarcador (Ibáñez-Álamo et al., 2020; Injaian et al., 2020; Salmón et al., 2018; Santos et al., 2025). Dada a complexidade do sistema imunológico, neuroendócrino e da resposta fisiológica, bem como a variabilidade em nível individual (e seus fatores intrínsecos associados, como idade, sexo, estado reprodutivo, condição corporal), populacional e interespecífica, é fundamental incorporar uma abordagem mais integrativa (Ibáñez-Álamo et al., 2020; Iglesias-Carrasco et al., 2020; Injaian et al., 2020). Diversos estudos têm sugerido que a avaliação dos impactos da urbanização em aves deve incluir espécies de diferentes clados e susceptibilidade a ambientes urbanos, assim como um repertório mais amplo de biomarcadores (Ibáñez-Álamo et al., 2020; Injaian et al., 2020; Salmón et al., 2018; Santos et al., 2025). Portanto, é fundamental avaliar o estado fisiológico e imunológico das populações de avifauna expostas a diferentes graus de urbanização (ambiente urbano, rural e natural), a fim de identificar consequências e gerar evidências que conduzam à implementação de planos de manejo e conservação.

Até o momento, existem poucos estudos que consideram uma abordagem multiespecífica, envolvendo diferentes biomarcadores ao longo de um gradiente de urbanização (Tomazelli et al., 2021; Salmón et al., 2018; Santos et al., 2025). Considerando que os níveis de estresse, micronúcleos, H/L, carga parasitária e coloração são características que têm sido afetadas pela urbanização (Jiménez-Peñuela et al., 2019; Queiroz et al., 2019; Salmón et al., 2023; Santos et al., 2025), este estudo tem como objetivo avaliar o efeito de diferentes graus de urbanização sobre a condição corporal da avifauna que habita remanescentes da Mata Atlântica. Propomos a hipótese de que o grau de urbanização afeta negativamente a condição corporal de aves passeriformes. Assim, prevemos que, com o aumento do grau de urbanização, os níveis de corticosterona, H/L, micronúcleos e parasitemia (ecto e hemoparasitos) serão mais elevados e a diversidade do microbioma será mais baixa. Por sua vez, caracteres secundários como traços de coloração, como saturação, brilho e tonalidade

UV, bem como o índice de massa corporal e o músculo peitoral, irão diminuir com a urbanização.

4. Material e Métodos

4.1. Modelo biológico:

As aves são reconhecidas como bioindicadores úteis da qualidade ambiental e dos efeitos de perturbações antrópicas (Gadau et al., 2019), pois devido à sua sensibilidade (Pereira de Freitas et al., 2024), refletem rapidamente alterações ambientais (Tomazelli et al., 2021). Além disso, são de fácil detecção e a obtenção de amostras biológicas pode ser realizada por métodos não invasivos (Tomazelli et al., 2021). Em áreas altamente urbanizadas, poucas espécies dominam e, em geral, a diversidade é baixa em comparação com áreas naturais próximas (Delgado & French, 2012). Portanto, a maioria das espécies de aves apresenta baixa tolerância à urbanização (Jiménez-Peñuela et al., 2019), e as poucas que habitam as cidades são aquelas que conseguem persistir (Evans et al., 2018). Por outro lado, a fisiologia das aves está relativamente bem estudada e é semelhante à de outros vertebrados, o que as torna um modelo biológico útil em ecologia urbana (Ibáñez-Álamo et al., 2020). Considerando isso, nosso enfoque será na captura de aves Passeriformes de sub-bosque que ocorrem ao longo de um gradiente de urbanização e que, portanto, apresentam diferentes graus de sensibilidade à urbanização (exploradoras, adaptadoras e evitadoras urbanas) (Salmón et al., 2018). Dentre essas, são consideradas espécies com potencial tamanho amostral satisfatório para as análises: *Basileuterus culicivorus*, *Myiothlypis leucoblephara*, *Turdus rufiventris* e *Chiroxiphia caudata*.

4.2. Estratégia de coleta de dados, desenho amostral, recorte espacial e temporal

O estudo será realizado em três zonas com diferentes graus de urbanização localizadas no estado do Paraná, Brasil: Curitiba (área urbana), cuja área urbanizada corresponde a 336,51 km² de um total de 435,277 km²; o município de Piraquara (área rural), que possui uma área urbanizada de 27,42 km² de um total de 227,042 km² (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, n.d.); e o Parque Estadual Pico do Marumbi – Mananciais da Serra (48°59'O e 25°29'S, 1009,0 ± 24,0 m.s.n.m.) (área natural), uma área protegida pertencente ao município de Piraquara. O tipo climático das áreas de estudo é Cfb segundo a classificação de Köppen,

um clima subtropical úmido com influência oceânica, sem estação seca e com verões amenos (Aparecido et al., 2016). Curitiba está localizada a 934,57 m.s.n.m. (Arzua & Barros-Battesli, 1999), sua precipitação média anual é de 1507,4 mm e a temperatura média anual é de 17,4°C (de Bodas Terassi et al., 2022). Nesta cidade, predominavam florestas subtropicais com *Araucaria angustifolia*, que foram reduzidas a floresta primária alterada e vegetação secundária, com algumas áreas preservadas dentro da cidade e ao seu redor (Arzua & Barros-Battesli, 1999). Por sua vez, o município de Piraquara e o Parque Estadual Pico do Marumbi encontram-se em uma região onde ocorre o contato entre a Floresta Ombrófila Densa Montana e a Floresta Ombrófila Mista, constituída principalmente por *A. angustifolia* (Reginato & Goldenberg, 2007). Na área urbana, foram selecionados potenciais locais de amostragem, entre os quais se encontram: o Museu de História Natural Capão da Imbuia, o Bosque Reinhard Maack, a Reserva Particular do Patrimônio Natural Airuma e o Jardim Botânico. Por sua vez, na área rural, foram selecionadas propriedades privadas, para as quais está sendo feita a gestão de acesso.

Para avaliar a condição corporal dos indivíduos, serão realizadas capturas de aves passeriformes de setembro a fevereiro de 2025–2026 e de 2026–2027. As amostragens serão realizadas com 6 a 12 redes de neblina de 6 a 12 metros de comprimento, seguindo as normas do CEMAVE/ICMBio (Sousa & Serafini, 2020). As redes serão instaladas em diferentes trilhas dos respectivos locais de amostragem. Cada indivíduo será anilhado com uma anilha metálica com código único, fornecida pelo CEMAVE, e anilhas coloridas para posterior identificação à distância com binóculo. Após a marcação, serão coletados dados morfológicos de peso com balança digital e o comprimento da asa e do tarso com paquímetro. Também serão registrados a espécie, o sexo, quando possível, a presença de placa de incubação e protuberância cloacal, a idade com base no código WRP (Pyle et al., 2022). Inspecionaremos visualmente, durante 1 a 5 minutos, toda a superfície do corpo para detectar e quantificar ectoparasitos ácaros (Protostigmata: Trombiculidae), carrapatos (Ixodida: Argasidae ou Ixodidae), piolhos mastigadores (Phthiraptera: Amblycera ou Ischnocera) e moscas-piolho (Diptera: Hippoboscidae), e as penas das asas para quantificar ácaros de pena (Astigmata: Analgoidea and Pterolichoidea) seguindo Fratoni et al. (2021) e

Arzua & Valim (2010). Mediremos o volume do músculo peitoral e o nível de gordura subcutânea acumulada Sousa & Serafini (2020).

Com o objetivo de quantificar os níveis de corticosterona, serão coletadas as duas penas primárias mais externas da asa esquerda. Para a posterior análise em laboratório, será seguido o protocolo de Bortolotti et al. (2008) com as modificações de Penha et al. (2025). Para a identificação de hemoparasitas e micronúcleos e para realizar contagens de heterófilos e linfócitos (H/L), será coletada uma amostra de sangue da veia adequada ao tamanho da ave, com volume que não ultrapasse 1% do peso corporal (Sousa & Serafini, 2020), e serão preparados esfregaços sanguíneos. As lâminas serão secas e fixadas com metanol em campo. Posteriormente, serão coradas com solução de Giemsa a 3% em água tamponada (pH 7,2–7,4), diluída 1:10. O restante da amostra de sangue será armazenado em tubos eppendorf com etanol a 70% para confirmação do sexo dos indivíduos e realização da detecção molecular de parasitas hemosporídeos. Utilizaremos uma Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) para diagnosticar a presença de hemosporídeos, identificando indivíduos positivos para *Plasmodium* e *Haemoproteus*. Utilizaremos os primers 343F e 496R, que amplificam um segmento do gene de RNA de subunidade pequena mitocondrial seguindo os protocolos Fallon et al. (2003) e Fallon & Ricklefs (2008).

Com relação à avaliação da diversidade do microbioma, serão realizados swabs cloacais, introduzindo e girando suavemente um swab de 4 mm (Escallón et al., 2019). Essas amostras serão analisadas com 16S Illumina Amplicon, e o DNA será extraído com o kit DNeasy Blood and Tissue (Qiagen Inc., Valencia, CA, EUA). A região V4 do rRNA 16S será amplificada com os primers 515F e 806R usados para procariotos (Caporaso et al., 2012; Hernandez et al., 2021). Para cada ciclo de PCR, as amostras serão avaliadas em triplicata, incluindo um controle sem DNA. Os dados serão analisados no software Quantitative Insights Into Microbial Ecology (QIIME v. 1.9.1; Caporaso et al., 2012). Amostras fecais frescas também serão coletadas sempre que possível.

Para determinar a variação na coloração, serão coletadas de 4 a 5 penas com uma pinça, das seguintes regiões do corpo: dorso superior e inferior, peito e coroa. A refletância dessas penas

será medida com um espectrofotômetro conectado a uma fonte de luz de xenônio pulsada, a um ângulo de 45° em relação à amostra, para evitar a refletância especular (Peneaux et al., 2020). Serão utilizados os parâmetros de brilho, saturação e matiz UV ajustados por modelos visuais do pacote *pavo* no R (Maia *et al.*, 2019).

4.3. Análise de dados

Considerando que a condição corporal influencia os parâmetros fisiológicos das aves, calcularemos o índice de massa escalonado a partir da massa corporal e do comprimento do tarso (Peig & Green, 2009). Analisaremos a diversidade do microbioma através do índice de Shannon. Para determinar as diferenças das variáveis analisadas entre os locais com diferentes graus de urbanização, utilizaremos modelos lineares generalizados (GLM), nos quais as variáveis de resposta que explicam a condição corporal serão: os níveis de corticosterona, frequência de micronúcleos, prevalência e parasitemia, razão H/L, diversidade do microbioma, índice de Shannon, coloração (saturação, brilho e tom) e índice de massa corporal (IMC). Por sua vez, as variáveis preditoras serão a área (urbana, rural e natural), a espécie (exploradoras, adaptadoras e evitadoras), o sexo e a idade.

10. Este projeto está associado a um ou mais ODS (Objetivos do Desenvolvimento Sustentável)? Explique como.

O projeto está associado ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 13: Ação contra a mudança global do clima: Adotar medidas urgentes para combater as alterações climáticas e seus impactos. Assim como também ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 15: Vida terrestre – Proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação dos solos e deter a perda da biodiversidade. Os parâmetros que serão avaliados estão associados à condição fisiológica, imunológica, e aos caracteres sexuais secundários, que em conjunto atuam como biomarcadores para entender como as aves estão se desempenhando em condições ambientais mais hostis. O projeto tornará conhecida a condição corporal das aves e as espécies que são mais sensíveis às mudanças ambientais provocadas pela urbanização, o que permitirá tomar ações e propor estratégias de manejo para conservar os remanescentes de floresta presentes na cidade de Curitiba e seus arredores. Com o objetivo de fomentar a

consciência ambiental associada ao cuidado da avifauna, e a partir dos resultados obtidos, poderão ser realizadas desde palestras e observações de aves em parques, até demonstrações do que seria um monitoramento de aves (que inclua os parâmetros que serão avaliados neste projeto), para o público não acadêmico.

11. Cronograma

ATIVIDADES	2025							2026							2027									
	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F
Disciplinas	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X				
Revisão bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Delineamento experimental	X	X	X	X																				
Preparo e envio para obtenção de autorizações			X	X	X																			
Campo piloto				X	X																			
Coletas em campo						X	X	X	X	X	X	X					X	X	X					
Tinção de lâminas						X	X	X	X	X														
Leitura de lâminas								X	X	X											X	X		
Análise de ectoparasitos								X	X	X											X	X		
Análise das penas								X	X	X											X	X		
Análise PCR								X	X	X											X	X		
Análise do microbioma								X	X	X											X	X		
Análises estatísticas e resultados																					X	X	X	
Redação da dissertação																	X	X	X	X	X	X	X	
Defesa da dissertação																							X	
Participação em eventos								X				X											X	

12. Referências bibliográficas

Aparecido, L. E. D. O., Rolim, G. D. S., Richetti, J., Souza, P. S. D., & Johann, J. A. (2016). Classificações climáticas de Köppen, Thornthwaite e Camargo para o zoneamento climático do Estado do Paraná, Brasil. *Ciência e Agrotecnologia*, 40, 405-417.

Arzua, M., & Barros-Battesti, D. M. (1999). Parasitism of *Ixodes (Multidentatus) auritulus* Neumann (Acari: Ixodidae) on birds from the city of Curitiba, state of Paraná, southern Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 94, 597-603.

Arzua M. & Valim M. P. (2010) Bases para o estudo qualitativo e quantitativo de ectoparasitos em aves. In: *Ornitologia e Conservação: Ciência aplicada, técnicas de pesquisa*

e levantamento (eds S. V. Matter, F. C. Straube, V. d. Q. Piacentini, I. A. Accordi, and J. F. Cândido Jr), pp. 347–66. Technical Books, Rio de Janeiro.

Beaugeard, E., Brischoux, F., Henry, P. Y., Parenteau, C., Trouvé, C., & Angelier, F. (2019). Does urbanization cause stress in wild birds during development? Insights from feather corticosterone levels in juvenile house sparrows (*Passer domesticus*). *Ecology and Evolution*, 9(1), 640-652.

Bonier, F. (2012). Hormones in the city: endocrine ecology of urban birds. *Hormones and Behavior*, 61(5), 763-772.

Bortolotti, G. R., Marchant, T. A., Blas, J., & German, T. (2008). Corticosterone in feathers is a long-term, integrated measure of avian stress physiology. *Functional Ecology*, 22(3), 494-500.

Caporaso, J. G., Lauber, C. L., Walters, W. A., Berg-Lyons, D., Huntley, J., Fierer, N., ... & Knight, R. (2012). Ultra-high-throughput microbial community analysis on the Illumina HiSeq and MiSeq platforms. *The ISME journal*, 6(8), 1621-1624.

de Bodas Terassi, P. M., da Silva Oscar-Júnior, A. C., Galvani, E., de Oliveira-Junior, J. F., Sobral, B. S., Biffi, V. H. R., & de Gois, G. (2022). Daily rainfall intensity and temporal trends in eastern Paraná state–Brazil. *Urban Climate*, 42, 101090.

Delgado-V, C. A., & French, K. (2012). Parasite–bird interactions in urban areas: Current evidence and emerging questions. *Landscape and urban planning*, 105(1-2), 5-14.

Escallón, C., Belden, L. K., & Moore, I. T. (2019). The cloacal microbiome changes with the breeding season in a wild bird. *Integrative Organismal Biology*, 1(1), oby009.

Evans, B. S., Reitsma, R., Hurlbert, A. H., & Marra, P. P. (2018). Environmental filtering of avian communities along a rural-to-urban gradient in Greater Washington, DC, USA. *Ecosphere*, 9(11), e02402.

Fallon, S. M.; Ricklefs, R. E. (2008) Parasitemia in PCR detected *Plasmodium* and *Haemoproteus* infections in birds. *Journal of Avian Biology*, v. 39, n. 5, p. 514–522, 2008.

Fallon, S. M.; Ricklefs, R. E.; Swanson, B. L.; Bermingham, E. (2003) Detecting avian malaria: an improved polymerase chain reaction diagnostic. *Journal of Parasitology*, v. 89, n. 5, p. 1044–1047, 2003.

Fratoni, R.O; De La Torre, G. M.; Freitas, F. F.; Guaraldo, A. C.; Manica, L.T. (2021) From unwanted squatters to good tenants: Ectosymbionts and their relationships with body condition of Atlantic Forest Passeriformes. *Austral Ecology*, v. ., p. ., 2021.

Gadau, A., Meli'Sa, S. C., Mayek, R., Giraudeau, M., McGraw, K. J., Whisner, C. M., ... & Sweazea, K. L. (2019). A comparison of the nutritional physiology and gut microbiome of urban and rural house sparrows (*Passer domesticus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 237, 110332.

Hernandez, J., Hucul, C., Reasor, E., Smith, T., McGlothlin, J. W., Haak, D. C., ... & Moore, I. T. (2021). Assessing age, breeding stage, and mating activity as drivers of variation in the reproductive microbiome of female tree swallows. *Ecology and Evolution*, 11(16), 11398-11413.

Ibáñez-Álamo, J. D., Jimeno, B., Gil, D., Thomson, R. L., Aguirre, J. I., Díez-Fernández, A., ... & Figuerola, J. (2020). Physiological stress does not increase with urbanization in European blackbirds: Evidence from hormonal, immunological and cellular indicators. *Science of the total environment*, 721, 137332.

Iglesias-Carrasco, M., Aich, U., Jennions, M. D., & Head, M. L. (2020). Stress in the city: meta-analysis indicates no overall evidence for stress in urban vertebrates. *Proceedings of the Royal Society B*, 287(1936), 20201754.

Injaian, A. S., Francis, C. D., Ouyang, J. Q., Dominoni, D. M., Donald, J. W., Fuxjager, M. J., ... & Vitousek, M. N. (2020). Baseline and stress-induced corticosterone levels across birds and reptiles do not reflect urbanization levels. *Conservation Physiology*, 8(1), coz110.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (n.d.). *Piraquara (PR): Panorama*. IBGE. Recuperado em 1 de junho de 2025, de <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/piraquara/panorama>

Jiménez-Peñuela, J., Ferraguti, M., Martínez-de la Puente, J., Soriguer, R., & Figuerola, J. (2019). Urbanization and blood parasite infections affect the body condition of wild birds. *Science of the Total Environment*, 651, 3015-3022.

Maia, R.; Gruson, H.; Endler, J. A.; White, T. E. (2009) pavo 2: New tools for the spectral and spatial analysis of colour in r. (R. B. O'Hara, Org.) *Methods in Ecology and Evolution*, v. 10, n. 7, p. 1097–1107.

Peig, J., & Green, A. J. (2009). New perspectives for estimating body condition from mass/length data: the scaled mass index as an alternative method. *Oikos*, 118(12), 1883-1891.

Peneaux, C., Hansbro, P. M., Jobling, P., Holdsworth, J. L., & Griffin, A. S. (2020). Tissue structure contributes to the production of a coloured skin display in the Common Myna. *Avian Biology Research*, 13(4), 100-107.

Penha, V.A.S., Fonseca, B. B., Schlemper, A. E., Martins, M. M., Braga, E. M., da Silva Rodrigues, R., ... & Manica, L. T. (2025). Plumage coloration and feather corticosterone concentration predict haemosporidian parasite occurrence in four passerines from the Atlantic Forest. *Journal of Ornithology*, 1-13.

Pereira de Freitas, R. M., Benvindo-Souza, M., Sotero, D. F., de Carvalho Lopes, A. T., Santos, M. A., de Oliveira, J. M., ... & e Silva, D. D. M. (2024). Ecotoxicological consequences of urbanization: A multi-biomarker approach to assessing sewage treatment plant effects on free-living birds. *Environmental Research*, 258, 119424.

Pyle, P., Gahbauer, M., Johnson, E. I., Ryder, T. B., & Wolfe, J. D. (2022). Application of a global age-coding system (“WRP”), based on molts and plumages, for use in demographic and other studies of birds. *The Auk*, 139(1), ukab063.

Queiroz, B. C., de Magalhães Tolentino, V. C., Morelli, S., & Melo, C. (2019). Effect of urbanization on the micronucleus frequency in birds from forest fragments. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 171, 631-637.

Reginato, M., & Goldenberg, R. (2007). Análise florística, estrutural e fitogeográfica da vegetação em região de transição entre as Florestas Ombrófilas Mista e Densa Montana, Piraquara, Paraná, Brasil. *Hoehnea*, 34, 349-360.

Salmón, P., Stroh, E., Herrera-Dueñas, A., von Post, M., & Isaksson, C. (2018). Oxidative stress in birds along a NOx and urbanisation gradient: an interspecific approach. *Science of the Total Environment*, 622, 635-643.

Salmón, P., López-Idiáquez, D., Capilla-Lasheras, P., Pérez-Tris, J., Isaksson, C., & Watson, H. (2023). Urbanisation impacts plumage colouration in a songbird across Europe: Evidence from a correlational, experimental and meta-analytical approach. *Journal of Animal Ecology*, 92(10), 1924-1936.

Santos, E. G., Herter, J. V., Wiederhecker, H. C., de Oliveira Fernandes, T., Ferreira, S. C. N., Honorato, S. M., ... & Marini, M. Â. (2025). Health Stress in Birds Increase with Urbanization in a Large Tropical City. *EcoHealth*, 1-11.

Seress, G., & Liker, A. (2015). Habitat urbanization and its effects on birds. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 61(4), 373-408.

Smith, S. H., Hessong-Brown, J., Lipshutz, S. E., Phillips, J. N., Rochefort, C., Derryberry, E. P., & Luther, D. A. (2021). Long-term changes of plumage between urban and rural populations of white-crowned sparrows (*Zonotrichia leucophrys*). *Journal of Urban Ecology*, 7(1), juaa038.

Sol, D., Lapiedra, O., & González-Lagos, C. (2013). Behavioural adjustments for a life in the city. *Animal behaviour*, 85(5), 1101-1112.

Sousa, A. E. B. A., & Serafini, P. P. (Orgs.). (2020). *Manual de anilhamento de aves silvestres* (3ª ed., rev. e ampl.). Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio.

https://www.icmbio.gov.br/cemave/images/stories/publicacoes/manual_anilhamento_aves_3ed_2020.pdf

Teyssier, A., Rouffaer, L. O., Hudin, N. S., Strubbe, D., Matthysen, E., Lens, L., & White, J. (2018). Inside the guts of the city: urban-induced alterations of the gut microbiota in a wild passerine. *Science of the Total Environment*, 612, 1276-1286.

Tomazelli, J., Rodrigues, G. Z. P., Franco, D., de Souza, M. S., Burghausen, J. H., Panizzon, J., ... & Gehlen, G. (2022). Potential use of distinct biomarkers (trace metals, micronuclei, and nuclear abnormalities) in a heterogeneous sample of birds in southern Brazil. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-15.