

RESSALVA

Atendendo solicitação da autora, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 10/09/2024.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de São José do Rio Preto

Thaís Coelho Thomazini

**Estrutura populacional de *Athene cunicularia* (Strigiformes: Strigidae) em
áreas antropizados do cerrado Paulista**

São José do Rio Preto
2021

Thaís Coelho Thomazini

Estrutura populacional de *Athene cunicularia* (Strigiformes: Strigidae) em áreas antropizadas do cerrado Paulista

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biociências, junto ao Programa de Pós-Graduação em Biociências, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto.

Financiadora: CAPES

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Adriana Coletto Morales

São José do Rio Preto
2021

T465e Thomazini, Thaís Coelho
Estrutura populacional de *Athene cunicularia*
(Strigiformes: Strigidae) em áreas antropizados do cerrado
Paulista / Thaís Coelho Thomazini. – São José do Rio
Preto, 2021
54 f. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
(Unesp), Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas,
São José do Rio Preto
Orientadora: Adriana Coletto Morales

1. Genética de Populações. 2. Microssatélites. 3. Coruja.
I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do
Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto. Dados
fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Thaís Coelho Thomazini

Estrutura populacional de *Athene cunicularia* (Strigiformes: Strigidae) em áreas antropizadas do cerrado Paulista

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biociências, junto ao Programa de Pós-Graduação em Biociências, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto.

Financiadora: CAPES

Comissão Examinadora

Prof^ª. Dr^ª. Adriana Coletto Morales
UNESP – Câmpus de Jaboticabal
Orientadora

Prof^ª. Dr^ª. Luciana Paes de Barros Machado
UNICENTRO - Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof. Dr. Luís Fábio Silveira
MZUSP - Museu de Zoologia da USP

São José do Rio Preto
10 de setembro de 2021

Aos meus pais, amo vocês.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Profa. Dra. Adriana Coletto Morales, por todos os ensinamentos ao longo destes anos, pela contribuição direta no meu desenvolvimento profissional, científico e pessoal. Também por toda atenção, acolhimento, suporte, “puxões de orelha” ... Sou realmente grata por ser sua orientada.

À Nara, eterna “co-ori”. Muito obrigada por todas as contribuições, amizade e reflexões sobre os dados mesmo via WhatsApp e nos horários mais improváveis do dia.

À Amanda e ao Rafael, e aqui incluo também outros companheiros de laboratório que passaram pelo LaBE no decorrer destes anos. Sou grata pelas discussões valorosas, troca de conhecimento e prazeroso ambiente de trabalho.

A todos que foram para campo comigo, Profa. Dra. Adriana, Rafael, Duda, João, Ádamo, Alicia e Jade, por todo auxílio nesta etapa fundamental do trabalho.

Ao meu pai, João Luís, por me ensinar a amar as aves desde pequena, por me ensinar disciplina e comprometimento, por cultivar em mim o hábito de leitura e amor pela área de ciência e educação. Por ser diretamente responsável por eu possuir os principais pilares da minha vida.

À minha mãe, Daniele, por todo apoio, escuta e afeto não só na vida, como também nas etapas fundamentais deste mestrado. Sempre acompanhando de perto todo o meu trabalho e auxiliando no que estava ao seu alcance.

Aos meus irmãos e avós, por todo carinho e apoio sempre.

Ao meu parceiro, Ádamo, por não apenas ser meu companheiro de vida, mas também por ter sido fundamental tanto nos momentos comemorativos quanto nos momentos difíceis ao longo do desenvolvimento deste trabalho, inclusive indo para campo comigo quando necessário.

Às minhas amigas próximas Cacau, Cinthya, Mari e Cyn, por todos os momentos bons compartilhados sem “deixar a peteca cair” mesmo durante a pandemia; e, mais recentemente, à Michelle e à Laís, por me receberem tão bem em minha casa nova e serem tão queridas comigo nesta etapa final do mestrado.

Dentre as amigas, um agradecimento especial à Flavinha e à Duda. À Flavinha por estar sempre presente em todos os momentos importantes da minha vida, não sendo diferente durante o mestrado; e à Duda, por toda amizade compartilhada no dia a dia, sempre presente tanto nos momentos de diversão quanto nos “perrengues” (inclusive acordando às 5h da manhã e tomando chuva ao ir para campo comigo).

À minha psicóloga, Dra Helenice Giampietro, por todo auxílio e em especial neste período de pandemia, em que tivemos nossa produção impactada.

À UNESP, que há 10 anos contribui com meu desenvolvimento profissional e pessoal. Sou extremamente grata por realizar o ensino superior nesta universidade.

Ao Programa de Pós-graduação em Biociências, pela oportunidade de aperfeiçoamento e desenvolvimento profissional de tão alta qualidade.

A todos os professores e colegas com quem tive contato ao longo destes anos e contribuíram com meu desenvolvimento profissional.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, à qual agradeço.

“A coruja não agoura: o que ela faz é saber o segredo da noite”
João Guimarães Rosa (1985, p. 194)

“Ao meu passado eu devo o meu saber e a minha ignorância (...)
Meu caminho é novo, mas meu povo não. Meu coração de fogo vem do
coração do meu país”

Anavitéria (2021)

RESUMO

Os processos antrópicos comumente interferem no modo como as comunidades de espécies locais se estabelecem no ambiente, em especial o processo de urbanização, que tende a modificar o uso da terra de forma mais duradoura. Curiosamente algumas espécies como a coruja-buraqueira, *Athene cunicularia* (Strigiformes: Strigidae), apresentam características que as permitem ter êxito em ocupar áreas urbanas, entretanto, esta capacidade de ocupação não significa que elas não possam ser negativamente afetadas pela urbanização. Sabendo que a variabilidade genética é de extrema importância para que as populações mantenham sua capacidade de adaptação frente às mudanças ambientais, investigar o nível de estruturação e diversidade genética contida nas populações tem demonstrado ser uma excelente ferramenta de estudo na compreensão das respostas adaptativas das espécies. Desta forma, foi investigada a estrutura e diversidade genética presente em quatro populações de corujas-buraqueiras em áreas antropizadas de cerrado no interior Paulista, utilizando sete marcadores microssatélites espécie-específicos, cujo caráter codominante e alta reprodutibilidade, faz com que sejam marcadores moleculares ideais para estudos genético-populacionais. Faz-se importante ressaltar que até o momento não há registros de estudos com *A. cunicularia* no Brasil do ponto de vista genético, sendo este então pioneiro. Os resultados da análise genotípica de diversidade genética, juntamente com as informações sobre a distribuição desta diversidade, indicam que as populações de *A. cunicularia* analisadas possuem considerável diferenciação genética e que esta se relaciona positivamente com a distância geográfica dos indivíduos. Esta diferenciação genética se deve pela presença de alelos raros e exclusivos nas populações, resultado do processo de isolamento por distância ocasionado pela redução de fluxo gênico que, ao que tudo indica, ocorre devido à seleção de habitat e comportamento de nidificação da espécie. O desvio no Equilíbrio Hardy-Weinberg pelo excesso de homozigotos é característico do Efeito Whalund, o que juntamente com os dados de estruturação populacional sugere que as quatro populações analisadas se tratam na verdade de metapopulações, nas quais é possível identificar uma ancestralidade constituída por seis unidades genéticas no passado evolutivo de *A. cunicularia* e ainda presente nas quatro localidades amostradas.

Palavras-chave: Genética de populações. Coruja-buraqueira. Microssatélites. Diversidade genética.

ABSTRACT

Anthropogenic processes commonly interfere in the way communities of local species establish themselves in the environment, especially the urbanization process, which tends to modify land use in a more lasting way. Interestingly, some species such as the burrowing owl, *Athene cunicularia* (Strigiformes: Strigidae), have characteristics that allow them to be successful in occupying urban areas, however, this occupation capacity does not mean that they cannot be negatively affected by urbanization. Knowing that genetic variability is extremely important for populations to maintain their adaptive capacity to environmental changes, investigating the level of structuring and genetic diversity contained in populations has proven to be an excellent study tool in understanding the adaptive responses of species. Thus, the genetic structure and diversity present in four populations of burrowing owls in anthropized areas of cerrado in the interior of São Paulo was investigated, using seven species-specific microsatellite markers, whose codominant character and high reproducibility make them ideal molecular markers for genetic-population studies. It is important to emphasize that until then there are no studies with *A. cunicularia* in Brazil from a genetic point of view, which was then a pioneer. The results of the genotypic analysis of genetic diversity, together with information about the distribution of this diversity, indicate that the populations of *A. cunicularia* analyzed have considerable genetic differentiation and that this is positively related to the geographic distance of individuals. This genetic differentiation is due to the presence of rare and exclusive alleles in populations, a result of the isolation process by distance caused by the reduction of gene flow which, it seems, occurs due to the selection of habitat and the nesting behavior of the species. The deviation in the Hardy-Weinberg Equilibrium due to the excess of homozygotes is characteristic of the Wahlund Effect, which, together with the population structure data, suggests that the four populations analyzed are metapopulations, in which it is possible to identify an ancestry consisting of six genetics units in the evolutionary past of *A. cunicularia* and still present in the four sampled localities.

Keywords: Population genetics. Burrowing owl. Microsatellites. Genetical diversity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Casinha construída pelos moradores ao redor da toca de <i>A. cunicularia</i> , São José do Rio Preto, SP.	18
Figura 2 – Exemplar da espécie <i>Athene cunicularia</i> , popularmente conhecida como coruja-buraqueira, em Bonfim Paulista, SP	19
Figura 3 – Família de <i>Athene cunicularia</i> , onde é possível observar o filhote com coloração mais clara em relação aos pais, em Jaboticabal, SP.	19
Figura 4 – Indivíduo de <i>Athene cunicularia</i> utilizando ambos os pés para cavar sua toca, Jaboticabal, SP.....	20
Figura 5 – A) Mapa da região do Cerrado brasileiro evidenciando o cerrado Paulista e as localidades das cidades de onde são provenientes os indivíduos deste trabalho. B) Mapa com vista aérea onde é possível observar a distância entre os locais de origem dos indivíduos amostrados. C) Localização das corujas-buraqueiras amostradas em Jaboticabal, SP (JAB). D) Localização das corujas-buraqueiras amostradas em Ribeirão Preto, SP (RIB) e Bonfim Paulista, SP (BON). E) Localização das corujas-buraqueiras amostradas em São José do Rio Preto, SP (SJRP).....	26
Figura 6 – Etapas do procedimento de captura de <i>Athene cunicularia</i> utilizando a armadilha <i>Tomahawk</i> . A) coruja do lado de fora da armadilha, B) coruja entrando na armadilha após ouvir o <i>playback</i> , C) coruja dentro da armadilha após sair do ninho.....	29
Figura 7 – Resolução em gel de agarose <i>MetaPhor</i> TM 3% do locus ATCU08 para os vouchers AC23-AC31, os alelos estão identificados ao lado de suas respectivas bandas e o padrão de peso molecular com marcação em pares de base (pb) indicado à esquerda.	31
Figura 8 – Gráfico resultante do Teste de Mantel, correlacionando as variáveis distância genética e distância geográfica.	39
Figura 9 – Gráfico do cálculo feito pelo <i>STRUCTURE HARVASTER</i> determinando como seis o valor mais provável de agrupamentos (K) para os 49 indivíduos de <i>Athene cunicularia</i> localizados no cerrado do interior Paulista.....	41

Figura 10 – Gráfico da análise Bayesiana realizada pelo programa *STRUCTURE* com os seis grupamentos genéticos (representados pelas cores rosa claro, rosa escuro, verde, roxo, laranja e azul) e como estes grupamentos se distribuem nas quatro populações de *Athene cunicularia* amostradas (BON, JAB, RIB e SJRP). O eixo X indica os indivíduos separados nas populações pré-definidas a partir de suas localidades de captura.41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Voucher recebido no Laboratório de Biologia Evolutiva (LaBE), localidade de procedência, código de identificação e coordenadas geográficas das localidades dos indivíduos utilizados neste trabalho.	25
Tabela 2 – <i>Loci</i> de DNA microsatélite desenvolvidos para <i>Athene cunicularia</i> ; sequência dos iniciadores; unidade de repetição; N: número de alelos encontrados nas populações das quais os iniciadores foram desenvolvidos; pb: distribuição de alelos observados em cada <i>locus</i> ...	30
Tabela 3 – Frequência alélica para cada <i>loci</i> de microsatélite para os 49 indivíduos de <i>Athene cunicularia</i> localizados em áreas antropizadas do cerrado Paulista.....	34
Tabela 4 – Frequência alélica para cada <i>loci</i> de acordo com a localidade dos indivíduos de <i>Athene cunicularia</i> localizados em áreas antropizadas do cerrado Paulista.....	35
Tabela 5 – Distância genética ($\delta\mu$) entre as quatro populações de <i>Athene cunicularia</i> localizadas em áreas antropizadas do cerrado Paulista.	36
Tabela 6 – Diversidade alélica e Equilíbrio de Hardy-Weinberg de sete <i>loci</i> de microsatélite de <i>Athene cunicularia</i> localizadas em áreas antropizadas do cerrado Paulista.	36
Tabela 7 – Diversidade alélica e Equilíbrio de Hardy-Weinberg para as populações de <i>Athene cunicularia</i> amostradas em áreas antropizadas do cerrado Paulista.....	37
Tabela 8 – Indicativo da presença ou ausência de alelos nulos para os sete <i>loci</i> microsatélites utilizados.....	38
Tabela 9 – Comparação entre análise de distância genética de Cavalli-Sforza e Edwards (1967) e de F_{ST} de Weir (1996) sem e com correção de alelos nulos pelos métodos descritos por Chapuis e Estoup (2007).	39
Tabela 10 – Análise de variância molecular (AMOVA) utilizando sete <i>loci</i> microsatélites sem hierarquia, para os 49 indivíduos de <i>Athene cunicularia</i> no interior do cerrado Paulista. As populações foram divididas de acordo com a localidade dos indivíduos.....	40
Tabela 11 – Indivíduos de <i>Athene cunicularia</i> que apresentaram relações de descendência direta e as populações das quais são provenientes.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMOVA	Análise de Variância Molecular
BAR	Cidade de Barrinha, SP
BON	Cidade de Bonfim Paulista, SP
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
EHW	Equilíbrio Hardy-Weinberg
EUA	Estados Unidos da América
F	Índice de fixação
FCAV	Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias
F_{IS}	Desvio do EHW dentro das subpopulações
F_{IT}	Desvio do EHW na população total
F_{ST}	Desvio do EHW entre as subpopulações
G-W	Índice de Garza-Williamson
H_E	Heterozigosidade esperada
H_O	Heterozigosidade observada
HVGLD	Hospital Veterinário "Governador Laudo Natel"
IBILCE	Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas
JAB	Cidade de Jaboticabal, SP
K	Número de agrupamentos
LaBE	Laboratório de Biologia Evolutiva
Lat.	Latitude
LOD	(sem tradução direta) Estimativa estatística
Long.	Longitude
MCMC	Monte Carlo via Cadeias de Markov
Na	Número médio de alelos

Ne	Número efetivo de alelos
pb	Pares de base
RIB	Cidade de Ribeirão Preto, SP
SJRP	Cidade de São José do Rio Preto, SP
SMM	<i>Stepwise Mutation Model</i>
SSR	<i>Simple Sequence Repeats</i>
STR	<i>Short Tandem Repeats</i>
UNESP	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

LISTA DE SÍMBOLOS

m	Metro
kg	Quilograma
h	Hora

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 <i>Athene cunicularia</i> – caracterização da espécie de estudo	16
1.2 Genética populacional	21
2 OBJETIVOS	24
2.1 Objetivos específicos	24
3 METODOLOGIA.....	25
3.1 Área amostral e obtenção do material biológico.....	25
3.1.1 Origem das amostras.....	25
3.1.2 Área amostral.....	26
3.1.3 Captura e coleta.....	28
3.2 Obtenção e amplificação dos <i>loci</i> de microssatélites.....	29
3.3 Análise da diversidade genética.....	31
3.4 Análise da distribuição da diversidade genética	32
3.5 Análise de parentesco	33
4 RESULTADOS	34
4.1 Análise genotípica e diversidade genética.....	34
4.2 Distribuição da diversidade genética	40
4.3 Análise de parentesco	41
5 DISCUSSÃO	43
6 CONCLUSÕES.....	48
REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

1.1 *Athene cunicularia* – caracterização da espécie de estudo

Pertencentes à ordem Strigiformes, as corujas possuem distribuição por todos os continentes, excetuando a Antártida, e formam um grupo com padrões morfológicos, anatômicos e comportamentais bem característicos (MOTTA-JUNIOR; BUENO; BRAGA, 2006). Atualmente, são reconhecidas 234 espécies de corujas (WINKLER; BILLERMAN; LOVETTE, 2020), das quais 24 foram registradas em território brasileiro (MOTTA-JUNIOR; BUENO; BRAGA, 2006). A ordem Strigiformes é composta por duas famílias: Tytonidae e Strigidae, sendo esta última detentora do maior número de espécies, 216 (MOTTA-JUNIOR; BUENO; BRAGA, 2006; WINKLER; BILLERMAN; LOVETTE, 2020). O gênero *Athene* é um dos pertencentes à família Strigidae, com seu registro fóssil mais antigo encontrado na Hungria, datando da época do Mioceno, (ARONSON *et al.*, 2014) (BEHRENSMEYER; TURNER, 2013). Este gênero é composto por cinco espécies de corujas pequenas: *Athene blewitti* (Hume, 1873), *Athene brama* (Temminck, 1821), *Athene noctua* (Scopoli, 1769), *Athene superciliaris* (Vieillot, 1817) e a espécie deste estudo, *Athene cunicularia* (Molina, 1782), também conhecida como coruja-buraqueira, caburé-do-campo e coruja-mineira (HÖFLING; CAMARGO, 2008; LEPAGE; WARNIER, 2014).

A distribuição da coruja-buraqueira compreende do sul do Canadá, EUA, até a Terra do Fogo, Argentina (KÖNIG; WEICK, 2008) e de acordo com o *Integrated Taxonomic Information System*, *Athene cunicularia* possui 22 subespécies. No Brasil ocorrem três subespécies: ao sul *A. cunicularia cunicularia* (Molina, 1782), ao leste *A. cunicularia grallaria* (Temminck, 1822) e ao norte *A. cunicularia minor* (Cory, 1918), sendo sabido que algumas subespécies do sul se sobrepõem e se conectam (LEPAGE; WARNIER, 2014). Inicialmente a área de ocorrência de *A. cunicularia* no Brasil excetuava os biomas Amazônia e Mata Atlântica, por constituírem ambientes florestais, entretanto, em 1997, Sick já relatava que em Brasília estas corujas expandiam sua área de ocorrência ao passo em que ocorria a destruição de áreas florestais, colonizando as áreas abertas remanescentes. Este padrão foi recentemente observado no bioma amazônico, onde já há registros da espécie tanto em áreas de savanas naturais quanto em áreas antropizadas, como as de ambientes de pastagens, (GOMES; BARREIROS; SANTANA, 2013) e no bioma de mata Atlântica a espécie já é amplamente registrada (*e.g.* (MENQ, 2016).

Apesar das corujas serem popularmente conhecidas por seus hábitos noturnos, a *A. cunicularia* possui atividades tanto noturnas quanto em períodos crepusculares e diurnos

(MOTTA-JUNIOR; BUENO; BRAGA, 2006), ocupando habitats abertos como campos, pastagens, restingas e campos agrícolas (SICK, 1997; KÖNIG; WEICK, 2008). Em alguns locais elas apresentam comportamento migratório, sendo uma espécie protegida pela *Migratory Bird Treaty Act* (MBTA 1918), do qual Canadá, Estados Unidos e México são signatários. Além dos ambientes citados, é constatada a presença de *A. cunicularia* em áreas urbanas, possivelmente pela oferta de alimento ser abundante devido à luminosidade urbana, o que inclusive faz com que ocorra na dieta uma predominância de presas que são atraídas pela luminosidade (RODRÍGUEZ; OROZCO-VALOR; SARASOLA, 2021) e pela recente capacidade de cavarem suas próprias tocas, como será dito mais a frente.

A coruja-buraqueira possui dieta generalista, predominantemente composta por invertebrados (MOTTA-JUNIOR; BUENO; BRAGA, 2006), sendo verificado uma predominância da dieta carnívora-insetívora quando as corujas-buraqueiras estão em época reprodutiva (TOMMASO *et al.*, 2009). Em áreas urbanas essas corujas são frequentemente encontradas sobre cupinzeiros terrícolas, postes e telhados (SICK, 1997; BELTON, 2000), proximidade que acaba beneficiando também os seres humanos, pois um casal de corujas-buraqueiras consome uma média de 12.300 a 26.200 insetos e de 540 a 1.100 roedores por ano (MOTTA-JUNIOR; ALHO, 2000), casualmente também consome escorpiões (SICK, 1997); sendo estes considerados pragas urbanas.

Esta proximidade com áreas antropizadas também oferece riscos e pode trazer prejuízos para as populações de corujas-buraqueiras. Um estudo realizado por Santos e colaboradores (2015), onde investigaram como as diferentes civilizações se relacionam com as corujas ao longo do tempo e ao redor do mundo, demonstra que apesar das corujas serem socialmente utilizadas como símbolo do conhecimento, há também uma forte associação delas com o “mau agouro” e “trevas”, principalmente por serem aves noturnas. E estas tradições e crenças podem colocar as espécies em vulnerabilidade, visto que por serem temidas costumam ser atacadas e mortas (ICMBIO, 2011; SANTOS *et al.*, 2015). No estudo de Santos, também há o relato do consumo de carne de coruja-buraqueira na medicina popular uruguaia, onde as pessoas acreditam que a carne destas corujas estimula o apetite de convalescentes (GOMES, 2015 *apud* SANTOS *et al.*, 2015). Ainda, é comum que pessoas encontrem filhotes sozinhos, devido ao seu comportamento de sair do ninho e explorar os arredores do local, e os levem para centros de triagens das prefeituras ou zoológicos por acreditarem que estão indefesos e que não irão sobreviver sozinhos (MOTTA-JUNIOR; BUENO; BRAGA, 2006). Este último, apesar de interferir no ciclo natural da espécie, não possui motivação negativa, pois ao levar a ave até profissionais qualificados a pessoa acredita estar ajudando o filhote. Ao mesmo passo que

existem estas crenças populares pejorativas, as corujas, especialmente as buraqueiras pelo seu comportamento diurno, também despertam a simpatia das pessoas. Sendo possível observar ações populares em defesa da conservação destas aves, bem como seus ciclos reprodutivos costumam ser acompanhados pelos moradores vizinhos, que têm simpatia pelos filhotes (Figura 1).

Figura 1 – Casinha construída pelos moradores ao redor da toca de *A. cunicularia*, São José do Rio Preto, SP.



Fonte: THOMAZINI, T.C., foto tirada pela autora.

Considerada uma ave de pequeno porte, o tamanho corporal das corujas-buraqueiras varia de 23 a 28 centímetros; sua cabeça tem forma arredondada, sem penas auriculares, e possui um disco facial coberto por plumas, cuja disposição guia o som ambiente para os ouvidos, fazendo com que tenham uma audição extremamente aguçada (SICK, 1997; MOTTA-JUNIOR; BUENO; BRAGA, 2006). Seus olhos são amarelos e capazes de enxergar muito bem durante o dia e durante a noite, sua plumagem é cor de terra avermelhada com traços e pontos pálidos; a região peitoral é mais pálida do corpo e rajada de marrom. Sua cauda é curta e possuem tarsos-metatarsos longos, relacionados ao hábito terrícola da espécie (HÖFLING; CAMARGO, 2008) (Figura 2). Machos e fêmeas possuem morfologia similar (LEUPIN; LOW, 2001), enquanto os filhotes apresentam plumagem clara nos primeiros dias de vida (MOTTA-JUNIOR; BUENO; BRAGA, 2006) (Figura 3).

Figura 2 – Exemplar da espécie *Athene cunicularia*, popularmente conhecida como coruja-buraqueira, em Bonfim Paulista, SP



Fonte: THOMAZINI, T.C., foto tirada pela autora.

Figura 3 – Família de *Athene cunicularia*, onde é possível observar o filhote com coloração mais clara em relação aos pais, em Jaboticabal, SP.



Fonte: THOMAZINI, T.C., foto tirada pela autora.

A época de reprodutiva das corujas-buraqueiras geralmente ocorre no final da estação seca, sendo marcada por rituais de cantos e chamamento entre os jovens que procuram parceiros para acasalar. O nome popular de *A. cunicularia*, coruja-buraqueira, provém de seu comportamento de nidificação, onde diferentemente da maioria das aves, que nidificam em ninhos, *A. cunicularia* nidifica em cavidades no solo. Geralmente elas ocupam e ampliam as tocas deixadas por animais fossoriais utilizando ambos os pés para cavar e ampliar as dimensões do buraco (MOTTA-JUNIOR; BUENO; BRAGA, 2006) (Figura 4).

No entanto, considera-se que em ambientes mais antropizados, onde geralmente não são encontrados os animais fossoriais que deixariam tocas, essa espécie tenha desenvolvido uma inovação comportamental, capaz de cavar os próprios buracos, garantindo sucesso na ocupação destes ambientes (MARTÍNEZ *et al.*, 2017). Além da nidificação, as cavidades também são importantes como local de fuga de predadores, estoque de alimentos e abrigo (THOMSEN, 1971), podendo um casal de corujas-buraqueiras ocupar mais de uma toca (SICK, 1997)

Figura 4 – Indivíduo de *Athene cunicularia* utilizando ambos os pés para cavar sua toca, Jaboticabal, SP.



Fonte: ANDREAZZI, R.B.

Durante a postura, as corujas-buraqueiras chegam a botar de dois a três ovos, a fêmea os incuba por aproximadamente 20 dias, neste período é alimentada pelo macho (MOTTA-JUNIOR; BUENO; BRAGA, 2006). Na época reprodutiva é frequente observar os pais defendendo ativamente o ninho, emitindo vocalizações de alarme e dando voos rasantes sobre os invasores. O comportamento de defesa de território é característico do cuidado parental,

assim como a construção do ninho, incubação dos ovos e dos filhotes, alimentação dos filhotes, proteção contra predadores e alimentação das fêmeas pelos machos antes da postura dos ovos e durante o período de incubação (SILVER; ANDREWS; BALL, 1985).

1.2 Genética populacional

Ações antrópicas, de forma recorrente, provocam mudanças ambientais que afetam de formas diversas as populações naturais, mudanças como perda e fragmentação de habitat, a presença de poluentes diversos e, numa escala maior, mudanças climáticas (FRANKHAM; BALLOU; BRISCOE, 2009), sendo que a destruição de habitat é reconhecida como maior ameaça à biodiversidade e causa principal da extinção de espécies (PIMM; RAVEN, 2000; PRIMACK; RODRIGUES, 2001). A urbanização é uma ação antrópica cujos efeitos na biodiversidade é algo crescente nas últimas décadas (MARZLUFF, 2001). O processo de urbanização provoca drásticas modificações em escalas temporais e espaciais, visto que ocorre a remoção da vegetação preexistente, modifica ciclos biogeoquímicos, altera o solo, interfere no direcionamento de rios e modifica o microclima, além da presença de estruturas artificiais (ALBERTI *et al.*, 2003; GRIMM *et al.*, 2008), sendo ainda um dos processos mais duradouros de modificação do uso da terra (MCKINNEY, 2006). Apesar destes efeitos negativos que a urbanização submete às populações, há espécies capazes de se estabelecerem em habitats urbanos, como mencionado na seção anterior para *Athene cunicularia*, e devido ao processo de seleção das espécies para este habitat a urbanização é atualmente considerada como principal fator de homogeneização biótica (MCKINNEY, 2006), estando inclusive como categoria de ameaças na IUCN (categoria 1.1 “*Housing & urban areas*”).

As ações antrópicas, e as mudanças ambientais causadas por elas, impulsionam modificações evolutivas como especiação, hibridação e respostas adaptativas (LANKAU *et al.*, 2011) por submeterem os organismos a condições evolutivas que envolvem modificações numa escala de tempo muito inferior à que estes organismos foram submetidos em seu passado evolutivo (JULIAN, S.E., KING, T.L., SAVAGE, 2003). A variação genética nas populações influencia diretamente nas respostas evolutivas que estas populações podem ter (PIMM; RAVEN, 2000; LANKAU *et al.*, 2011), a perda de diversidade genética, por exemplo, reduz a capacidade de adaptação das espécies frente às mudanças no ambiente (FRANKHAM; BALLOU; BRISCOE, 2009). Diante destas informações e da *velocidade* com que processos antrópicos se estabelecem e afetam as populações naturais, nos últimos anos vêm se tornando uma prática importante obter e monitorar o *status* populacional da biodiversidade através de

seus padrões genéticos (SCHWARTZ; LUIKART; WAPLES, 2007; SIH; FERRARI; HARRIS, 2011).

Estes eventos evolutivos dos quais as populações estão sujeitas se intensificam quando a população em questão possui um menor número de indivíduos, se tornando mais susceptíveis a sofrerem com processos genéticos como: deriva genética que acarreta na fixação de mutações, endocruzamento, variações no fluxo gênico que podem resultar na diminuição do valor adaptativo (BRITO; FERNANDEZ, 2000). A variabilidade é um dos primeiros quesitos a ser avaliado em uma população de interesse por ser fundamental na adaptação das populações por seleção natural e possibilitar a compreensão da história evolutiva daquele grupo; podendo ser medida pela heterozigosidade em polimorfismos ou pela variação da herdabilidade em caracteres quantitativos (LANDE, 1998). Os índices de estruturação populacional, ou seja, como a variabilidade genética se encontra distribuída entre as populações e entre seus indivíduos, também é um fator investigado por fornecer informações que permitem entender como forças evolutivas influenciam na dinâmica das populações (LEE; MITCHELL-OLDS, 2011). Compreender o fluxo gênico e seus efeitos é de extrema importância para diversas áreas de pesquisa, como genética e ecologia de populações, biologia da conservação e epidemiologia (BALLOUX; LUGON-MOULIN, 2002) e com o avanço das técnicas moleculares foram desenvolvidos diversos marcadores genéticos que possibilitam uma melhor compreensão dos processos evolutivos (BRIAN CHARLESWORTH; DEBORAH CHARLESWORTH; BARTON, 2003).

Um dos marcadores desenvolvidos são os de DNA microssatélites, também conhecidos como SSR, “*Simple Sequence Repeats*” ou STR “*Short Tandem Repeats*”. Os marcadores moleculares microssatélites são formados por arranjos de repetições em tandem de dois a seis nucleotídeos (TAUTZ, 1989). A existência dessas unidades de repetição pode ser resultante do deslizamento da DNA polimerase durante a replicação e reparo da molécula de DNA (*replication slippage*) (SCHLÖTTERER; TAUTZ, 1992). A variação na quantidade destes elementos repetidos confere aos microssatélites alto grau de polimorfismo, o que faz com que eles estejam entre um dos tipos mais polimórficos do genoma (ELLEGREN, 2004). Para vertebrados, a repetição dinucleotídica $[CA]_n$ é uma das mais abundantes, possuindo uma média de 15 a 30 kb (LEE; KOCHER, 1996).

Além do alto polimorfismo, os microssatélites possuem características que os tornam ideais para efetuar estudos de estrutura genético-populacionais: por se localizarem preferencialmente em regiões consideradas seletivamente neutras, possuem alta reprodutibilidade, apresentam herança mendeliana do tipo codominante o que possibilita a

identificação dos heterozigotos, ocorrem em alta frequência no genoma, têm caráter multialélico e são de fácil genotipagem (ELLEGREN, 2004; ELLIS; BURKE, 2007; ZOLET *et al.*, 2017).

Devido as sequências de DNA flanqueadoras da região microssatélites serem conservadas entre as espécies, é possível o desenvolvimento de oligonucleotídeos iniciadores (*primers*), específicos para essas sequências adjacentes ao microssatélite (TAUTZ, 1998). Há marcadores microssatélites específicos desenvolvidos para *Athene cunicularia* (KORFANTA; SCHABLE; GLENN, 2002; MACÍAS-DUARTE *et al.*, 2010) que podem ser de grande auxílio para compreender sua variabilidade genética e fluxo gênico, uma vez que a estrutura genética é o reflexo do intercâmbio de alelos entre as populações. Estes marcadores DNA microssatélites são ideais para efetuar estudos de estrutura genético-populacionais (ELLIS; BURKE, 2007).

A compreensão das relações intraespecíficas, bem como a variabilidade genética contida nas populações, são importantes ferramentas em estudos biológicos e em estratégias de conservação. Apesar da ampla distribuição de *A. cunicularia*, grande parte dos estudos genéticos populacionais foram realizados apenas em regiões temperadas (DESMOND; SAVIDGE, 1999; KORFANTA; MCDONALD; GLENN, 2005; MACÍAS-DUARTE, 2019), no Brasil destacam-se os trabalhos referentes à dieta, habitat e comportamento de caça (DESMOND; SAVIDGE, 1999; MOTTA-JUNIOR; ALHO, 2000; SPECHT; GONÇALVES; YOUNG, 2013; SANTOS, 2019), de modo que estudar esta espécie no Brasil do ponto de vista genético é pioneiro e de grande valia para entendermos também como o ambiente influencia na sua história de vida.

6 CONCLUSÕES

A partir dos dados analisados na busca da compreensão da estrutura populacional de *Athene cunicularia* em áreas antropizadas de cerrado no interior Paulista, pode-se concluir que a presença de alelos raros e exclusivos nas populações resulta numa diferenciação genética entre elas, e que esta diferenciação está diretamente correlacionada com a distância geográfica, podendo ser resultado da restrição de fluxo gênico ocasionado pela uso do solo, seleção de habitat e comportamento de nidificação das corujas-buraqueiras. O desvio do Equilíbrio Hardy-Weinberg identificado com alta presença de homozigotos é característico de Efeito Wahlund, o que juntamente com os dados de estruturação populacional sugere que as quatro populações analisadas se tratam na verdade de metapopulações, nas quais é possível identificar uma ancestralidade constituída por seis unidades genéticas no passado evolutivo de *A. cunicularia* que ainda estão presentes nos indivíduos das quatro localidades amostradas.

REFERÊNCIAS

- ALBERTI, M. *et al.* Integrating humans into ecology: opportunities and challenges for studying urban ecosystems. **BioScience**, v. 53, n. 12, p. 1169-1179, 2003.
- ANAVITÓRIA.; LEE, R. **Amarelo, Azul e Branco**. Rio de Janeiro, Anavitória Artes, 2021. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=GtvS897PiyQ>> Acesso em 13/07/2021.
- ARBELÁEZ-CORTES, E. *et al.* Genetic *STRUCTURE* of the red mangrove (*Rhizophora mangle* L.) on the Colombian Pacific detected by microsatellite molecular markers. **Hydrobiologia**, v. 583, n. 1, p. 321–330, 2007.
- ARONSON, M. F. J. *et al.* A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 281, n. 1780, 12 fev. 2014.
- BALLOUX, F.; LUGON-MOULIN, N. The estimation of population differentiation with microsatellite markers. **Molecular ecology**, v. 11, n. 2, p. 155-165, 2002.
- BEHRENSMEYER, A. K.; TURNER, A. **Fossilworks: Gateway to the Paleobiology Database**. 2013. Disponível em: <<http://fossilworks.org>>. Acesso em 24/05/2017.
- BELTON, W. **Aves do Rio Grande do Sul: distribuição e biologia**. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2000.
- BirdLife International**. Important Bird Areas factsheet: Isla Diego de Almagro. Downloaded from <http://www.birdlife.org>. 2021
- BLOUIN, M. S. *et al.* Use of microsatellite *loci* to classify individuals by relatedness. **Molecular ecology**, v. 5, n. 3, p. 393-401, 1996.
- CAVALLI, M. Differing nest-defence behaviour in urban and rural populations of breeding Burrowing Owls. **Emu**, v. 116, n. 4, p. 428-434, 2016.
- CAVALLI-SFORZA, L. L.; EDWARDS, A. WF. Phylogenetic analysis. Models and estimation procedures. **American journal of human genetics**, v. 19, n. 3 Pt 1, p. 233, 1967.
- CHAPUIS, M. P.; ESTOUP, A. Microsatellite null alleles and estimation of population differentiation. **Molecular biology and evolution**, v. 24, n. 3, p. 621-631, 2007.

CHARLESWORTH, B.; CHARLESWORTH, D.; BARTON, N. H. The effects of genetic and geographic *STRUCTURE* on neutral variation. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 34, n. 1, p. 99-125, 2003.

BRITO, D.; FERNANDEZ, F. A. S. Dealing with extinction is forever: understanding the risks faced by small populations. **Ciência e Cultura(Sao Paulo)**, v. 52, n. 3, p. 161-170, 2000.

DESMOND, M. J.; SAVIDGE, J. A. Satellite burrow use by burrowing owl chicks and its influence on nest fate. **Studies in Avian Biology**, v. 19, p. 128-130, 1999.

DINIZ-FILHO, J. A. F. *et al.* Mantel test in population genetics. **Genetics and molecular biology**, v. 36, p. 475-485, 2013.

EARL, D. A.; VONHOLDT, B. M. *STRUCTURE* HARVESTER: a website and program for visualizing *STRUCTURE* output and implementing the Evanno method. **Conservation genetics resources**, v. 4, n. 2, p. 359-361, 2012.

ELLEGREN, H. Microsatellites: simple sequences with complex evolution. **Nature reviews genetics**, v. 5, n. 6, p. 435-445, 2004.

ELLIS, J. R.; BURKE, J. M. EST-SSRs as a resource for population genetic analyses. **Heredity**, v. 99, n. 2, p. 125-132, 2007.

EVANNO, G.; REGNAUT, S.; GOUDET, J. Detecting the number of clusters of individuals using the *software STRUCTURE*: a simulation study. **Molecular ecology**, v. 14, n. 8, p. 2611-2620, 2005.

EXCOFFIER, L.; LISCHER, H. E. L. Arlequin suite ver 3.5: a new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. **Molecular ecology resources**, v. 10, n. 3, p. 564-567, 2010.

FRANKHAM, R.; BALLOU, J. D.; BRISCOE, D. A. **Introduction to conservation genetics**. Cambridge university press, 2009.

GARZA, J. C.; WILLIAMSON, E. G. Detection of reduction in population size using data from microsatellite *loci*. **Molecular ecology**, v. 10, n. 2, p. 305-318, 2001.

GOLDSTEIN, D. B. *et al.* An evaluation of genetic distances for use with microsatellite *loci*. **Genetics**, v. 139, n. 1, p. 463-471, 1995.

GOMES, L. A Coruja no mundo. **Diálogo Médico**, São Paulo, v. 1, n.2, p. 34-37, 2005

GOMES, F. B. R.; BARREIROS, M. H. M.; SANTANA, T. B. K. Novos registros da expansão geográfica de *Athene cunicularia* na Amazônia central com especial referência as atividades humanas. **Atualidades Ornitológicas**, v. 172, p. 12-14, 2013.

GOOGLE EARTH-MAPAS. Disponível em <<https://earth.google.com/web>> Acesso em 15/02/2021

GRIMM, N. B. *et al.* Global change and the ecology of cities. **Science**, v. 319, n. 5864, p. 756-760, 2008.

HAUSER, L. *et al.* Loss of microsatellite diversity and low effective population size in an overexploited population of New Zealand snapper (*Pagrus auratus*). **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 99, n. 18, p. 11742-11747, 2002.

HÖFLING, E.; DE ALMEIDA CAMARGO, H. F. Aves no campus da cidade universitária Armando de Salles Oliveira. **Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo**, ed. 3, 2008.

HOLSINGER, K. E.; WEIR, B. S. Genetics in geographically *STRUCTURE* populations: defining, estimating and interpreting F_{ST} . **Nature Reviews Genetics**, v. 10, n. 9, p. 639-650, 2015.

JULIAN, S. E.; KING, T. L.; SAVAGE, W. K. Isolation and characterization of novel tetranucleotide microsatellite DNA markers for the spotted salamander, *Ambystoma maculatum*. **Molecular Ecology Notes**, v. 3, n. 1, p. 7-9, 2003.

KALINOWSKI, S. T.; TAPER, M. L.; MARSHALL, T. C. Revising how the computer program CERVUS accommodates genotyping error increases success in paternity assignment. **Molecular ecology**, v. 16, n. 5, p. 1099-1106, 2007.

KÖNIG, C.; WEICK, F. **Owls of the world**. A&C Black, 2008.

KORFANTA, N. M.; MCDONALD, D. B.; GLENN, T. C. Burrowing Owl (*Athene cunicularia*) population genetics: a comparison of North American forms and migratory habits. **The Auk**, v. 122, n. 2, p. 464-478, 2005.

KORFANTA, N. M.; SCHABLE, N. A.; GLENN, T. C. Isolation and characterization of microsatellite DNA *primers* in burrowing owl (*Athene cunicularia*). **Molecular Ecology Notes**, v. 2, n. 4, p. 584-585, 2002.

- LANDE, R. Demographic stochasticity and Allee effect on a scale with isotropic noise. **Oikos**, p. 353-358, 1998.
- LANKAU, R. *et al.* Incorporating evolutionary principles into environmental management and policy. **Evolutionary Applications**, v. 4, n. 2, p. 315-325, 2011.
- LEE, C-R.; MITCHELL-OLDS, T. Quantifying effects of environmental and geographical factors on patterns of genetic differentiation. **Molecular ecology**, v. 20, n. 22, p. 4631-4642, 2011.
- LEE, W-J; KOCHER, T. D. Microsatellite DNA markers for genetic mapping in *Oreochromis niloticus*. **Journal of Fish Biology**, v. 49, n. 1, p. 169-171, 1996.
- LEPAGE, D.; WARNIER, J. **The Peters' check-list of the birds of the world (1931–1987) database**. Avibase, the World Database. 2014.
- LEUPIN, E. E.; LOW, D. J. Burrowing Owl reintroduction efforts in the Thompson-Nicola region of British Columbia. **Journal of Raptor Research**, v. 35, n. 4, p. 392-398, 2001.
- LEVINS, R. Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. **American Entomologist**, v. 15, n. 3, p. 237-240, 1969.
- MACÍAS-DUARTE, A. *et al.* Novel microsatellite *loci* for the burrowing owl *Athene cunicularia*. **Conservation Genetics Resources**, v. 2, n. 1, p. 67-69, 2010.
- MACÍAS-DUARTE, A. *et al.* Genetic variation among island and continental populations of Burrowing Owl (*Athene cunicularia*) subspecies in North America. **Journal of Raptor Research**, v. 53, n. 2, p. 127-133, 2019.
- MAPBIOMAS. Disponível em < <http://mapbiomas.org> > Acesso em 15/02/2021.
- MARTÍNEZ, G. *et al.* Microscale nest-site selection by the burrowing owl (*Athene cunicularia*) in the pampas of Argentina. **The Wilson Journal of Ornithology**, v. 129, n. 1, p. 62-70, 2017.
- MARZLUFF, J. M. Worldwide urbanization and its effects on birds. In: **Avian ecology and conservation in an urbanizing world**. Springer, Boston, MA, p. 19-47, 2001.
- MCKINNEY, M. L. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. **Biological conservation**, v. 127, n. 3, p. 247-260, 2006.
- MENQ, W. Aves de rapina da Mata Atlântica. **Aves de rapina Brasil**, 2016..

- MOTTA-JUNIOR, J. C.; ALHO, C. J. R. Ecologia alimentar de *Athene cunicularia* e *Tyto alba* (Aves: Strigiformes) nas Estações Ecológica de Jataí e Experimental de Luiz Antônio, SP. **Estação Ecológica de Jataí**, v. 1, p. 346, 2000.
- MOTTA-JUNIOR, J. C.; BUENO, A. A.; BRAGA, A. C. R. Corujas brasileiras. **Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo**, 2006.
- OKSANEN, F. J. *et al.* vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-7. 2020. Disponível em <<https://CRAN.R-project.org/package=vegan>> Acesso em 15/08/2021.
- PIMM, S. L.; RAVEN, P. Extinction by numbers. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 843-845, 2000.
- POMPANON, F. *et al.* Genotyping errors: causes, consequences and solutions. **Nature Reviews Genetics**, v. 6, n. 11, p. 847-859, 2005.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. Biologia da Conservação. 2001.
- PRITCHARD, J. K.; STEPHENS, M.; DONNELLY, P. Inference of population *STRUCTURE* using multilocus genotype data. **Genetics**, v. 155, n. 2, p. 945-959, 2000.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Austria, 2020. Disponível em <<https://www.R-project.org/>> Acesso em 15/08/2021.
- RODRÍGUEZ, A.; OROZCO-VALOR, P. M.; SARASOLA, J. H.. Artificial light at night as a driver of urban colonization by an avian predator. **Landscape Ecology**, v. 36, n. 1, p. 17-27, 2021.
- ROSA, J. G. **Ave, Palavra**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, p. 194, 1985.
- SANTOS, E. G. **Aves em aeroportos: avaliação de translocações de *Athene cunicularia* na região de Brasília-DF**. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade de Brasília. Brasília, 2019.
- SANTOS, C. B. *et al.* Do mau agouro à arte: a coruja no imaginário popular. **Revista de Educação do IDEAU**, v. 10, n. 22, p. 1-13, 2015.
- SCHLÖTTERER, C.; TAUTZ, D. Slippage synthesis of simple sequence DNA. *Nucleic acids research*, v. 20, n. 2, p. 211-215, 1992.
- SCHWARTZ, M. K.; LUIKART, G.; WAPLES, R. S. Genetic monitoring as a promising tool for conservation and management. **Trends in ecology & evolution**, v. 22, n. 1, p. 25-33, 2007.
- SICK, H.; BARRUEL, P. **Ornitologia brasileira**. Editora Nova Fronteira, 1997.

- SIH, A.; FERRARI, M. C. O.; HARRIS, D. J. Evolution and behavioural responses to human-induced rapid environmental change. **Evolutionary applications**, v. 4, n. 2, p. 367-387, 2011.
- SILVER, R.; ANDREWS, H.; BALL, G. F. Parental care in an ecological perspective: a quantitative analysis of avian subfamilies. **American Zoologist**, v. 25, n. 3, p. 823-840, 1985.
- SLATKIN, M. Gene flow and the geographic structure of natural populations. **Science**, v. 236, n. 4803, p. 787-792, 1987.
- SPECHT, G. V. A.; GONÇALVES, G. L.; YOUNG, R. J. Comportamento de caça da coruja buraqueira, *Athene cunicularia* (Molina, 1782) (Aves: Strigiformes) em ambiente urbano em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. **Lundiana: International Journal of Biodiversity**, v. 11, n. 1, p. 17-20, 2013.
- TAUTZ, D. Hypervariability of simple sequences as a general source for polymorphic DNA markers. **Nucleic acids research**, v. 17, n. 16, p. 6463-6471, 1989.
- THOMSEN, L. Behavior and ecology of burrowing owls on the Oakland Municipal Airport. **The Condor**, v. 73, n. 2, p. 177-192, 1971.
- TOMMASO, D. C. *et al.* Dieta de la Lechucita Vizcachera (*Athene cunicularia*) en dos áreas con diferente uso de la tierra en el centro-sur de la provincia de La Pampa, Argentina. 2009.
- VAN OOSTERHOUT, C. *et al.* MICRO-CHECKER: *software* for identifying and correcting genotyping errors in microsatellite data. **Molecular Ecology Notes**, v. 4, n. 3, p. 535-538, 2004.
- WANG, X. *et al.* A new electrophoresis technique to separate microsatellite alleles. **African Journal of Biotechnology**, v. 8, n. 11, 2009.
- WINKLER, D. W.; BILLERMAN, S. M.; LOVETTE, I. J. Owls (Strigidae), version 1.0. **In Birds of the World** (S. M. Billerman, B. K. Keeney, P. G. Rodewald, and T. S. Schulenberg, Editors). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. 2020.
- WikiAves. [coruja-buraqueira (*Athene cunicularia*)]. **WikiAves, a Enciclopédia das Aves do Brasil**. 2021. Disponível em: <<https://www.wikiaves.com.br/wiki/coruja-buraqueira>>. Acesso em 31/05/2021.