



**Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Ecologia**

Dissertação de mestrado

**Distribuição geográfica no Brasil e parâmetros reprodutivos de pardais
(*Passer domesticus*) nativos e introduzidos**



Fonte: <http://www.wikiaves.com.br/1342719&p=13&t=s&s=11801>

Marcela Costa Ferreira

Orientador: Miguel Ângelo Marini

**Brasília – DF
2017**

**Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Ecologia**

Distribuição geográfica no Brasil e parâmetros reprodutivos de pardais
(*Passer domesticus*) nativos e introduzidos

Marcela Costa Ferreira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Orientador: Miguel Ângelo Marini

**Brasília – DF
2017**

**Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Ecologia**

Dissertação de mestrado

Distribuição geográfica no Brasil e parâmetros reprodutivos de pardais (*Passer domesticus*) nativos e introduzidos

Marcela Costa Ferreira

Banca Examinadora

Prof. Dr. Miguel Ângelo Marini
Orientador – UnB

Profa. Dra. Regina Helena Ferraz Macedo
Membro Titular – UnB

Prof. Dr. Marcos Robalinho Lima
Membro Titular - UEL

Prof. Dr. Ricardo Bomfim Machado
Suplente - UnB

Dedico este trabalho aos meus pais, que mesmo diante das dificuldades sempre encontraram alternativas para sonhar, e nunca desistiram dos meus sonhos.

“Nada que nos prenda, nada que limite,
nada que acorrente o nosso sonho ao chão”.
Marcus Viana

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Mestre, pelas oportunidades de crescimento, pela saúde e clareza de raciocínio que possibilitaram o desenvolvimento desse projeto.

Aos meus pais, base da minha família que orientaram meus caminhos com amor e sabedoria e me auxiliaram a ser a pessoa que sou hoje.

As minhas irmãs pelo companheirismo, cumplicidade, amor e incentivo para persistir em meus objetivos.

Ao meu companheiro Cláudio pelo apoio incondicional, amor e paciência estando sempre presente nos momentos difíceis da caminhada.

Ao meu orientador Miguel Marini por todo o tempo dedicado a esse projeto, pela paciência e empenho com que me auxiliou na execução dos trabalhos.

Ao Anderson Latini por todo o incentivo desde o segundo período da graduação e pela co-orientação extraoficial nesse projeto.

A todos os demais familiares ainda não citados (padrinhos, tios, tias, primos, avós e cunhados), bem como toda a família Pires e Silva, por compreenderem minhas ausências.

Aos novos amigos e aos amigos da vida inteira pela torcida. Aos amigos da CARES pelos conselhos e pelas preces.

Em especial à minha amiga Jéssica pelo apoio durante a minha experiência fora do Brasil. À equipe do *Natural History Museum* pela colaboração prestada durante a minha passagem pelo museu.

Ao professor Eraldo, por me ajudar a descortinar os segredos do geoprocessamento.

Aos colegas do Laboratório de Ecologia e Conservação de Aves e da UNB, por todo o conhecimento compartilhado.

A secretaria do programa de Pós-Graduação em Ecologia e aos demais funcionários do Instituto de Ciências Biológicas pela colaboração e profissionalismo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de mestrado e à fundação FAP-DF pelo apoio para a realização das visitas técnicas do laboratório.

A todos que de alguma forma me incentivaram e me apoiaram durante o curso: muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	13
ABSTRACT	14
INTRODUÇÃO GERAL	15
CAPÍTULO 1	17
A EXPANSÃO DO <i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758) NO TERRITÓRIO BRASILEIRO: UMA REVISÃO A PARTIR DE REGISTROS DE OCORRÊNCIA...	17
RESUMO	18
ABSTRACT	19
INTRODUÇÃO	20
MATERIAIS E MÉTODOS	22
A espécie estudada.....	22
Banco de dados	24
Mapas geográficos da espécie	24
RESULTADOS	25
Ocorrência do <i>P. domesticus</i> no mundo	25
Registros de ocorrência obtidos para o Brasil.....	26
A distribuição do <i>P. domesticus</i> no Brasil ao longo do século XX	28
A distribuição atual do <i>P. domesticus</i> no Brasil	29
DISCUSSÃO	30
A distribuição atual do <i>P. domesticus</i> no Brasil	30
A distribuição do <i>P. domesticus</i> no Brasil ao longo do século XX	32
CONCLUSÃO	35
CAPÍTULO 2	47
ADAPTAÇÕES REPRODUTIVAS DE PARDAIS <i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758) INTRODUZIDOS EM AMBIENTES TROPICAIS E TEMPERADOS.....	47
RESUMO	48
ABSTRACT	50
INTRODUÇÃO	51
MATERIAIS E MÉTODOS	55
Espécie focal – <i>Passer domesticus</i>	55
Banco de dados	56

Análise dos dados.....	58
RESULTADOS.....	60
Parâmetros reprodutivos obtidos	60
Efeito da variação climática sobre o tamanho de ninhada	63
Padrões geográficos dos parâmetros reprodutivos.....	65
O papel de ser exótico ou nativo sobre os parâmetros reprodutivos da espécie	67
DISCUSSÃO	68
CONCLUSÃO	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1:** *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758). 23
- Figura 2:** Ninhada de quatro ovos obtida em um campo realizado em outubro de 2016, no município de Sete Lagoas, MG.. 23
- Figura 3:** Mapa elaborado a partir de *shape* obtido no site da *IUCN Red List*. A camada “azul” e a camada “vermelha” representam a extensão geográfica onde o pardal ocorre no mundo, sendo que, em azul são locais onde a espécie é nativa e em vermelho são locais onde a espécie é exótica. 27
- Figura 4:** Distribuição dos registros do *P. domesticus* no Brasil entre 1905 a 2016, por intervalos temporais. Cada ponto apresentado no mapa ilustra uma sede municipal com ao menos uma ocorrência. 29
- Figura 5:** Distribuição dos registros do *P. domesticus* no Brasil entre 1905 a 2016 (pontos amarelos), e distribuição descrita pela IUCN (em vermelho). Linhas finas indicam rodovias..... 30

CAPÍTULO 2

- Figura 1:** Predições relacionadas ao tamanho de ninhada e época da postura. Linhas contínuas significam conservação do tamanho de ninhada e data da postura; linhas tracejadas significam variação do tamanho de ninhada e data da postura. A cor preta representa as comparações entre ambientes temperados; amarela representa as comparações entre ambientes tropicais; a cor vermelha representa as comparações entre ambientes temperados e tropicais. 55
- Figura 2:** Registro fotográfico obtido durante a visita técnica realizada em outubro de 2015, no *Natural History Museum*, em Tring, Inglaterra. 58
- Figura 3:** Em azul são locais onde a espécie é nativa e em vermelho são locais onde a espécie é exótica, segundo a *IUCN Red List*. Pontos são registros de tamanho de ninhada e período reprodutivo de *P.domesticus* encontrados na literatura, em museus, base de dados e campo. 62
- Figura 4:** *Boxplot* apresentando a mediana do tamanho de ninhada nas regiões onde *P. domesticus* é exótico e onde é nativo, em três diferentes amplitudes climáticas: região temperada do norte (RTN), região tropical (RT) e região

temperada do sul (RTS). As hastes inferiores e superiores representam os limites dos quartis; pontos pretos são valores atípicos (*outliers*)..... 64

Figura 5: Análises de Regressão (com seus respectivos intervalos de confiança) ilustrando padrões geográficos de tamanho de ninhada em relação à latitude. A cor vermelha representa registros do hemisfério norte e a cor azul representa registros do hemisfério sul. 65

Figura 6: Análises de Regressão ilustrando padrões geográficos de data da postura (contagem de dias após o início da primavera naquele hemisfério) em relação à latitude. A linha azul representa uma relação significativa encontrada nos registros do hemisfério norte e hemisfério sul, em que a data média da postura varia com a latitude..... 67

Figura 7: Análise de Covariância para os registros do hemisfério norte, ilustrando que independente da origem (exótica/nativa) há uma relação significativa entre tamanho de ninhada e a latitude. A cor vermelha representa registros exóticos e a cor azul representa registros nativos. 68

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

- Tabela 1:** Quantidade de registros de tamanho de ninhada e de data de postura obtidos por museu, na literatura e no campo..... 58
- Tabela 2:** Freqüência de vezes em que cada tamanho da ninhada apareceu nos registros e a porcentagem que esta freqüência representa, em relação ao total de amostras. Os cálculos foram feitos separadamente para cada hemisfério. Na parte inferior da tabela está o total de ninhadas avaliadas, o valor médio de ninhada e o erro padrão por hemisfério. 61
- Tabela 3:** Análise de desvio com dados de contagem do tamanho da ninhada de *P. domesticus*. O grupo Nativo RTeN (Nativo de Região Temperada do Norte) não apareceu na tabela dos resultados porque é o intercepto do modelo. Todos os demais fatores são avaliados a partir do intercepto e diferenças significativas são apontadas a partir de um valor de $p < 0,05$ 63
- Tabela 4:** Análise *post hoc* com dados de contagem do tamanho da ninhada de *P. domesticus* utilizada para detectar as diferenças entre grupos. Diferenças significativas são apontadas a partir de um valor de $p < 0,05$ 64

LISTA DE ANEXOS

CAPÍTULO 1

Anexo I – Resumo de registros de ocorrência separados por municípios e por estados brasileiros.....	37
---	----

RESUMO GERAL

No presente estudo, a ocorrência do pardal *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758) e dois dos seus parâmetros reprodutivos foram avaliados com dois objetivos principais: i) preencher algumas lacunas existentes no que refere à ocorrência do *P. domesticus* nos municípios brasileiros; ii) avaliar como a variação latitudinal e o fato de ser exótico ou nativo, interfere nos parâmetros reprodutivos (tamanho de ninhada e data da postura) do pardal em escala mundial. Todos os dados obtidos foram checados e georreferenciados em *software* adequado. No capítulo 1, o mapa de ocorrência da espécie no Brasil apontou uma ocupação superior do *P. domesticus* nos dias atuais, comparado aos estudos de ocupação da década de 90 e aos limites estabelecidos atualmente pela *IUCN Red List*. No capítulo 2 foi testada a hipótese de que as aves alteram seus parâmetros reprodutivos em resposta às características ambientais dos locais invadidos. Em áreas nativas, o tamanho de ninhada em regiões temperadas ($4,6 \pm 0,04$; $n=766$) foi maior do que o tamanho de ninhada em regiões tropicais ($3,5 \pm 0,14$; $n=71$). O mesmo padrão ocorreu entre regiões introduzidas temperadas do norte ($4,8 \pm 0,03$; $n=1003$) e regiões introduzidas tropicais ($3,3 \pm 0,22$; $n=24$). Tamanho de ninhada foi semelhante entre regiões temperadas nativas e introduzidas, assim como entre regiões tropicais nativas e introduzidas. Para os registros do hemisfério norte, foi observada uma tendência latitudinal de tamanho de ninhada que independe da espécie ser nativa ou introduzida ($p=0,203$). Portanto, as diferenças climáticas entre regiões temperadas e tropicais tiveram um efeito maior sobre o tamanho de ninhada do que o local (nativo vs. introduzido). Quando data da postura foi a variável resposta do modelo, foi encontrado um gradiente latitudinal de data da postura, porém não foi possível avaliar o efeito de ser exótico ou nativo sobre o período reprodutivo, devido à insuficiência de registros de data da postura na região tropical.

Palavras-chave: Brasil; espécies invasoras; história de vida; pardais; *Passer domesticus*; tamanho de ninhada.

ABSTRACT

In the present study, the occurrence of the House Sparrow *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758) and two of its reproductive parameters were evaluated with two main objectives: i) to fill some existing gaps regarding the occurrence of *P. domesticus* in Brazilian municipalities; ii) to evaluate how latitudinal variation and the fact of being exotic or native, interferes in the reproductive parameters (clutch size and laying date) of the House Sparrow worldwide. All data was checked and georeferenced in suitable software. In chapter 1, the occurrence map of the specie in Brazil indicated a higher occupation of *P. domesticus* nowadays compared to the occupation studies of the 1990s and the limits established nowadays by the IUCN *Red List*. In chapter 2 it was tested the hypothesis that birds change their reproductive parameters in response to environmental characteristics of the invaded sites. In native areas, clutch size in temperate regions (4.6 ± 0.04 ; $n=766$) was greater than clutch size in tropical regions (3.5 ± 0.14 ; $n=71$). The same pattern occurred between north temperate introduced regions (4.8 ± 0.03 ; $n=1,003$) and tropical introduced regions (3.3 ± 0.22 ; $n=24$). Clutch size was similar between native and introduced temperate regions, as well as between native and introduced tropical regions. For north hemisphere records, a latitudinal trend of clutch size was observed regardless of whether the species was native or introduced ($p = 0.203$). Therefore, climatic differences between temperate and tropical regions had a greater effect on clutch size than locality (native vs. introduced). When laying date was the response variable of the model, a latitudinal gradient of laying date was found, but it was not possible to evaluate the effect of being exotic or native over the reproductive period, due to insufficient records of laying date in tropical region.

Keywords: Brazil; clutch size; House Sparrow; invasive species; life history; *Passer domesticus*.

INTRODUÇÃO GERAL

Durante milhões de anos as aves têm convivido com ancestrais humanos, porém, apenas nos últimos tempos, e em especial no último século, têm sido alvo de investigação científica. Atualmente, as aves são uma classe composta por cerca de 10.000 espécies, classificadas em aproximadamente 30 ordens e, embora sejam encontradas em toda a Terra, sua distribuição é bastante desigual e dependente de fatores tais como tipo de habitat, condições climáticas, disponibilidade de recursos, e outros (McGowan 2001).

A ordem Passeriformes se destaca por conter aproximadamente 60% de todas as espécies de aves, sendo a mais rica em espécies da Classe (Bruce 2003). Apesar da sua ampla distribuição e de ser uma ordem muito bem representada em quase todos os locais do planeta (del Hoyo et al. 2003), os Passeriformes são as aves com maior número de extinções, sendo que mais de 50 espécies já foram relatadas como extintas segundo as estimativas mais recentes da *IUCN Red List* (IUCN 2016).

As mudanças na biodiversidade, como a extinção de espécies, têm acontecido devido a diversos fatores, tais como consequência da fragmentação e redução de tamanho de habitats naturais (Gibson et al. 2013), das mudanças climáticas e do uso da terra (Urban 2015), dentre outros. Porém, sabe-se que os organismos invasores estão entre os principais fatores propulsores da perda global e extinção de espécies (Doherty et al. 2016). Aves “invasoras” podem impactar a estrutura de uma comunidade de diferentes formas e em seus diferentes níveis: no nível de população, comunidade e ecossistemas (Martin-Albarracin et al. 2015). Por exemplo, os pardais *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758), Passeriformes, afetam a estrutura das comunidades onde são introduzidos reduzindo a riqueza e abundância das espécies nativas e simplificando as comunidades tornando-as mais dominadas por poucas espécies (MacGregor-Fors et al. 2010).

Em todo mundo, o fenômeno da dispersão do *P. domesticus* é conhecido, e é causa para muitos esforços de controle e mitigação. O pardal tem como possível centro de origem o Oriente Médio (Sick 1959; Johnston and Klitz 1977), porém, atualmente é considerado como espécie exótica em mais de 50 países do mundo (Bird Life International 2015). A rapidez com que se dispersa (Palmer 1898), seus

hábitos alimentares generalistas (Summers-Smith et al. 2016) e outras características, permitiram que o *P. domesticus* avançasse sobre um amplo território em todo o mundo, e hoje a espécie apresenta uma população extremamente grande e uma tendência populacional estável (Bird Life International 2015).

Sabe-se que as aves exóticas reduzem a produção agrícola, promovem a competição interespecífica por recursos com as espécies nativas e podem contribuir para a dispersão de outros invasores (Long 1981). Entretanto, embora existam consideráveis eventos de sucesso no que refere às introduções e estabelecimento de aves em todo mundo, deve-se considerar também que nem sempre espécies de aves exóticas estabelecem populações auto-sustentáveis nos locais onde foram introduzidas (Jeschke et al. 2005). Compreender os fatores que promovem e limitam o sucesso das invasões é fundamental para prever as tendências futuras de invasões biológicas (Guo 2006; Martin-Albarracin et al. 2015) e assim controlar e mitigar os efeitos das invasões.

Por se tratar de uma espécie amplamente distribuída, presente em uma ampla extensão latitudinal e longitudinal, o *P. domesticus* foi escolhido como modelo deste estudo. Nesta dissertação primeiramente, no capítulo 1, foram preenchidas algumas lacunas existentes sobre a ocorrência do *P. domesticus* nos municípios brasileiros. Para isso foi feito um extenso estudo da espécie no país por meio da compilação de registros de museus, de literatura e de redes de colaboradores de estudos da avifauna, no Brasil e no mundo.

Entretanto, além do conhecimento da distribuição também é importante compreender os mecanismos básicos por trás da dinâmica de populações de espécies de granívoros invasores de importância econômica, como o *P. domesticus*, já que a compreensão destes mecanismos é fundamental para suportar considerações teóricas sobre a sua propagação. Para isso foi feita uma extensa revisão na literatura e em registros de museus sobre dados reprodutivos da espécie em todo o mundo. Assim, no capítulo 2, com o propósito de compreender o papel de variáveis ambientais sobre as adaptações reprodutivas de organismos exóticos, comparei parâmetros reprodutivos coletados do pardal (tamanho de ninhada e época da reprodução) entre regiões onde a espécie é nativa e introduzida em relação às zonas climáticas de ocupação da espécie.

CAPÍTULO 1

A EXPANSÃO DO *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758) NO TERRITÓRIO BRASILEIRO: UMA REVISÃO A PARTIR DE REGISTROS DE OCORRÊNCIA

A expansão do *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758) no território brasileiro: uma revisão a partir de registros de ocorrência

RESUMO

A identificação das regiões de ocorrência de espécies exóticas pode ser importante para o estabelecimento de políticas de gestão destas espécies nestes locais. Em geral, aves introduzidas em novas regiões podem interagir com as espécies nativas e como consequência, espécies exóticas são capazes de afetar a biota nativa de diferentes maneiras, ao modificar a dinâmica das populações, a estrutura da comunidade ou os processos em nível de ecossistema. Os animais introduzidos que causam mais impacto em regiões introduzidas são os nativos do Velho Mundo, e dentre as aves, o pardal, *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758), está entre os principais problemas de introdução. O objetivo deste trabalho foi descrever a distribuição atual do pardal no Brasil, bem como compreender o processo de expansão da espécie sobre as diversas regiões do país. Para esse fim, foram utilizados registros de ocorrência de: 1) bancos de dados da internet; 2) de instituições e museus; 3) observações em campo; e 4) da literatura científica. Todos os registros obtidos foram checados e georreferenciados no *software* Google Earth, e em seguida manipulados no *software* ArcGis 10.4.1. Como resultado houve um total de 7.584 registros de ocorrência de *P. domesticus* no Brasil, sendo que 410 municípios apresentaram ao menos uma ocorrência. O mapa de ocorrência da espécie no país apontou uma ocupação superior do *P. domesticus* nos dias atuais, comparado aos estudos de ocupação da década de 90 e aos limites estabelecidos até 2016 pela *IUCN Red List*. No passado, sabe-se que estradas e rios foram fundamentais para a expansão do *P. domesticus*, porém, atualmente é possível que apenas as estradas estejam sendo importantes para a dispersão natural da espécie. Neste estudo foram preenchidas muitas lacunas existentes sobre o processo de ocupação do *P. domesticus* no país, em especial nos últimos 20 anos, porém, o baixo número de municípios no Brasil com registros de ocorrência sugere a necessidade de uma revisão mais ampla.

Palavras-chave: Brasil; mapeamento; pardais; *Passer domesticus*; registros de ocorrência.

ABSTRACT

The identification of exotic species occurrence may be important for the establishment of management policies of these species in introduced regions. In general, birds introduced into new regions may interact with native species and as a consequence exotic species are able to affect native biota in different ways, by modifying population dynamics, community structure or processes at the ecosystem level. The introduced animals that cause more impact in foreign lands are the Old World natives, and among the birds, the House Sparrow, *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758), is among the main introduced species causing problems. The objective of this work was to describe the present distribution of the House Sparrow in Brazil, as well as to understand the process of expansion of the species in different regions of the country. Aiming at this purpose, we used occurrence records of: 1) internet databases; 2) institutions and museums; 3) field observations; and 4) the scientific literature. All records were checked and georeferenced in Google Earth software, and then manipulated in ArcGis 10.4.1 software. As a result, it was obtained a total of 7,584 records of occurrence of *P. domesticus* in Brazil, in at least 410 municipalities. The occurrence map of *P. domesticus* in Brazil indicated a higher occupation nowadays, compared to the occupation studies of the 1990s and the limits established until 2016 by the IUCN Red List. In the past, it is known that roads and rivers were fundamental for the expansion of *P. domesticus*, however, nowadays it is possible that only roads are being important for the natural dispersion of the species. In this study, many gaps were filled regarding the process of occupation of *P. domesticus* in Brazil, especially in the last 20 years, but the reduced number of municipalities in Brazil with occurrence records suggests that a broader review is needed.

Keywords: Brazil; House Sparrow; mapping; occurrence records; *Passer domesticus*.

INTRODUÇÃO

A aclimatização de plantas e animais introduzidos de um país para outro e a variação no sucesso da invasão há muito tem sido alvo de estudos e pesquisas, sendo que algumas invasões são relatadas em periódicos científicos desde o século XVIII (Palmer 1898). Ao longo dos anos, muitos fatores têm contribuído para motivar a introdução de plantas e animais através do globo, e as causas dessas introduções podem ter sido por motivo utilitário ou por razões basicamente estéticas (Case 1996).

Segundo Palmer (1898), os animais introduzidos considerados mais problemáticos em terras estrangeiras são os nativos do Velho Mundo, e dentre as aves, desde o século XIX o pardal, *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758), é considerado como um dos principais problemas de introdução. A espécie tem como centro de origem o Oriente Médio, sendo que o seu fóssil mais antigo foi encontrado em Israel e é datado do final do período Paleolítico Inferior (Johnston and Klitz 1977). Porém, apesar de ser nativa na Eurásia (Palmer 1898), e em alguns locais no norte da África, atualmente o *P. domesticus* está presente como espécie exótica em mais de 50 países no mundo inteiro (Bird Life International 2015).

A introdução de animais frequentemente se dá por acidente ou de forma direta pelo homem, porém, no caso de mamíferos e aves, a intermediação feita pelo homem é mais comum, constituindo-se importante ponto de apoio principalmente para introduções para locais mais distantes (Palmer 1898). Este padrão não é diferente para o *P. domesticus*. Sabe-se que em seu primeiro evento de introdução nos Estados Unidos, a espécie falhou em seu estabelecimento, e que as introduções iniciais no país foram seguidas de inúmeras outras, além da translocação de indivíduos de um lugar para outro (Long 1981).

Além da introdução proposital, humanos também têm promovido mudanças nos ecossistemas naturais que favorecem a expansão das espécies exóticas, como por exemplo, a urbanização (Chace and Walsh 2006). A maioria das espécies sofre com a urbanização promovida pela dispersão do homem e não tolera os habitats urbanos, porém, há também as que não só toleram como prosperam nas cidades (Bonier et al. 2007), como por exemplo, o *P. domesticus*. A rápida dispersão do *P. domesticus* através dos diversos países ao redor do mundo, intriga até hoje

pesquisadores que estudam a espécie, e um dos fatores que possivelmente tem favorecido este quadro, é que a evolução e dispersão do *P. domesticus* são consideradas paralelas à evolução cultural e de dispersão do homem (Dyer et al. 1977). No nível de paisagem, *P. domesticus* estão associados a áreas urbanas modificadas pelo homem e também a sistemas agrícolas (MacGregor-Fors et al. 2010).

Porém, nem todas as espécies conseguem se estabelecer como exótica, sendo que apenas cerca de 50% dos eventos de introdução de aves produzem populações introduzidas persistentes (Jeschke et al. 2005). Assim, quais características favoreceram o estabelecimento do *P. domesticus* e de outras espécies de importância econômica, como espécies invasoras de sucesso? Sabe-se, por exemplo, que espécies que apresentam a capacidade de ocupar um nicho amplo, ou seja, são generalistas, são mais propensas de obterem sucesso em eventos de invasão do que as espécies mais especializadas, dentre as razões, por serem menos sensíveis aos distúrbios provocados pelo homem (Glazier 1980). Além disso, as generalistas sobrevivem e reproduzem em condições climáticas diversas, enquanto as especialistas toleram apenas uma estreita faixa de condições climáticas; espécies generalistas usam vários recursos em contraste com as especialistas que acabam por se especializar no uso de poucos recursos; por fim, sabe-se que as espécies generalistas ocupam diversos tipos de habitats enquanto que as especialistas se limitam a um ou poucos habitats (Bonier et al. 2007).

Apesar da presença na América do Sul no século XIX, no Brasil o pardal só foi introduzido no século seguinte, quando por volta do ano de 1905 o então prefeito do Rio de Janeiro, autorizou a importação da espécie para o controle e combate de pragas (Sick 1959). Em seguida, houve muitos outros eventos de introdução e transferência de um local para o outro no Brasil, e isto favoreceu a ocupação de vários estados brasileiros pela espécie, e também a tornou inextinguível no país (Sick 1997). Sabe-se que os limites da extensão onde as espécies são nativas são relativamente estáveis, porém, isto não se aplica às espécies exóticas, as quais geralmente estão em constante expansão (Guo 2006).

Trabalhos anteriores buscaram compreender a distribuição do *P. domesticus* e sua expansão por todo o país, principalmente por meio de observações em campo

e revisões de literatura (Sick 1959; Smith 1973; Smith 1980; Silva and Oren 1990; Borges et al. 1996; Sick 1997). Porém, sabe-se que a espécie já superou os limites de extensão geográfica observados desde os últimos estudos de ocorrência. Atualmente, a distribuição das espécies pode ser estudada não só por meio de estudos de campo e revisões da literatura, mas também com o uso de ferramentas *online* que disponibilizam informações científicas diversas. Assim, o objetivo deste capítulo, foi agregar métodos convencionais como observações de campo e revisões de literatura, a ferramentas online que disponibilizam informações sobre a distribuição do *P. domesticus*, e assim descrever a distribuição atual do pardal no Brasil, bem como compreender o processo de expansão da espécie, em especial nos últimos anos, nas diversas regiões do país.

MATERIAIS E MÉTODOS

A espécie estudada

Presente em diversos países ao redor do mundo o *P. domesticus* é nativo na Europa e em grande parte da Ásia (Palmer 1898), e em alguns locais no norte da África, porém, sua extensão não se limita à área em que é nativo, estando presente como espécie introduzida em algumas regiões do continente asiático, no continente Americano, na parte central e sul da África, e na Oceania (Bird Life International 2015). Sobre os tipos comuns de invasão, as mediadas pelo homem (que são as de interesse neste estudo) acontecem quando espécies que não são naturalmente presentes em uma área nativa, através de intermediação humana, são movidas para além do limite de sua amplitude geográfica (Blackburn et al. 2011). Em escala mundial, os primeiros registros de introdução do *P. domesticus* são datados a partir de 1850 nos Estados Unidos em Nova York; em seguida em 1865 a espécie surgiu na Austrália e em 1866 ao norte da ilha de Nova Zelândia. Estudos apontam que o *P. domesticus* está associado principalmente ao homem, e é comumente encontrado ao redor das construções rurais e também nas construções dos ambientes urbanos (Summers-Smith et al. 2016).

Segundo Summers-Smith et al. (2016), o *P. domesticus* (**figura 1**) se alimenta de uma ampla gama de recursos, principalmente de material vegetal como sementes

de gramíneas, cereais cultivados, herbáceas, restos domésticos, vários insetos, dentre outros itens, já que é uma espécie oportunista.

A espécie se reproduz geralmente durante todo o ano (Long 1981), porém, isso varia de acordo com a latitude e geralmente produz múltiplas ninhadas; o tamanho de ninhada é geralmente de 2-5 ovos, chegando até 8 (**figura 2**); a incubação é feita tanto pelo macho quanto pela fêmea, e o período de incubação é de 11-14 dias (Summers-Smith et al. 2016). No Brasil o período de incubação é de 12 dias (Sick, 1997).



Figura 1: *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758).

Fonte: <http://www.wikiaves.com.br/914473&t=s&s=11801&p=2>



Figura 2: Ninhada de quatro ovos obtida em um campo realizado em outubro de 2016, no município de Sete Lagoas, MG. Foto: Marcela Ferreira, 2016.

Banco de dados

Neste estudo realizei uma revisão sistemática de registros de ocorrência do *P. domesticus* no Brasil, no qual extraí registros de: 1) três bancos de dados da internet, (GBIF, *SpeciesLink* e *Vertnet*); 2) diretamente dos sites das instituições e museus, *Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, *American Museum of Natural History*, Coleção Ornitológica da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Coleção Ornitológica da Universidade Estadual de Campinas, Coleção Ornitológica Marcelo Bagno da Universidade de Brasília, *Cornell Lab of Ornithology*, Instituto Adolfo Lutz, *Louisiana State University Museum of Natural Science*, *Macaulay Library*, Museu de Biologia Professor Mello Leitão, Museu de História Natural Capão da Imbuia, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Museu Paraense Emílio Goeldi, *Naturgucker*, Sistema de Informação Ambiental do Biota (SinBiota), *The Field Museum of Natural History*, *The Museum of Vertebrate Zoology*, *University of Kansas Natural History Museum*; 3) de observações em campo; e 4) a partir de literatura científica.

Mapas geográficos da espécie

A “*IUCN Red List of Threatened Species*” é considerado um dos inventários de referência sobre estudos de distribuição de espécies de plantas e animais, em escala mundial. Para estimar a área ocupada pelo *P. domesticus*, assim como os territórios onde a espécie é exótica e nativa em escala mundial, elaborei um mapa temático a partir de dados disponibilizados no site da *IUCN Red List*, com a respectiva ocupação da espécie.

Porém, ao observar o mapa temático e as informações textuais disponibilizadas pela “*IUCN Red List*”, é possível perceber inconsistências no que se refere à ocorrência de *P. domesticus* no Brasil. Além disso, durante o século passado, muitos pesquisadores tentaram monitorar o processo de ocupação do *P. domesticus* nos municípios brasileiros ao longo de todo o país. Porém, sabe-se que o último trabalho com maior relevância neste sentido, foi publicado no final da década de 90. Neste capítulo, utilizei mapas temáticos com dois objetivos principais: compreender a dispersão da espécie através dos municípios brasileiros e também avaliar possíveis inconsistências na ocupação atual do *P. domesticus* no país. Para

isso, todos os registros de ocorrência georreferenciados obtidos durante o trabalho de revisão foram relacionados em uma base de dados (7.584 pontos de ocorrência).

Assim, para preencher a lacuna existente nos últimos 20 anos, todos os municípios onde foi relatada a ocorrência de pardais, foram relacionados em uma base de dados, seguido dos anos de ocorrência de cada registro e da localização geográfica. Em seguida, registros duplicados (por município) foram eliminados, e mantidos apenas os mais antigos, de cada município. A ocorrência do *P. domesticus* nos municípios brasileiros foi dividida em cinco intervalos temporais (partindo de 1905 até o final do ano de 2016). Ao final, foi possível gerar um mapa com o número de municípios brasileiros que o *P. domesticus* esteve presente, e também o primeiro ano de ocorrência da espécie em cada localidade.

Por fim, para avaliar possíveis inconsistências na ocupação atual do *P. domesticus* no país, exportei todos os registros de ocorrência obtidos durante o trabalho de revisão, já com as suas respectivas coordenadas geográficas, como arquivo *shape* de pontos para o *software* ArcGis 10.4.1. Nesta etapa não foi necessário excluir registros, e por isso foram utilizados todos os registros de ocorrência obtidos durante a revisão. Em seguida, a partir dos dados originais, obtidos no site da *IUCN Red List*, produzi um novo arquivo *shape* apenas com a área de ocupação da espécie no Brasil. Para analisar se os limites estabelecidos pela *IUCN Red List* estão de acordo com a realidade de ocupação do *P. domesticus* no Brasil nos dias atuais, ambas as camadas (*shape* da *IUCN Red List* + *shape* de registros obtidos) foram sobrepostas e ao final gerei um mapa com a ocupação atual do pardal no Brasil.

Todos os registros foram checados e georreferenciados no *software* Google Earth, e em seguida manipulados no *software* ArcGis 10.4.1. Os registros que não puderam ser georreferenciados, ou mesmo que continham inconsistências, foram eliminados da base de dados.

RESULTADOS

Ocorrência do *P. domesticus* no mundo

Segundo a *IUCN Red List*, o *P. domesticus* é nativo em 94 países/ilhas e exótico em outros 56. O mapa abaixo foi elaborado a partir do *shape* mundial

fornecido pela *IUCN Red List*, e nele há a classificação dos territórios em escala mundial onde o *P. domesticus* é nativo e exótico (**figura 3**).

Registros de ocorrência obtidos para o Brasil

A partir da revisão de literatura, bases de dados e museus, obtive um total de 7.584 registros georreferenciados de ocorrência de *P. domesticus* no Brasil. Do total de registros 5.606 pertencem ao estado de São Paulo. No estado do Acre obtive apenas um registro de ocorrência da espécie, sendo este o estado com a menor quantidade de registros de ocorrência. Ao final, 156 registros foram extraídos da literatura, 31 registros dos museus, 2.206 da base de dados online *Gbif*, 5.063 da base de dados online *SpeciesLink*, e 128 registros da base de dados online *Vertnet*.

Ao eliminar os registros duplicados de cada município, 410 municípios brasileiros apresentaram ao menos uma ocorrência do *P. domesticus* no período de 1905 a 2016. Do total de registros, 84 municípios estão localizados no estado de São Paulo, 45 em Minas Gerais, e 36 no estado do Rio Grande do Sul.

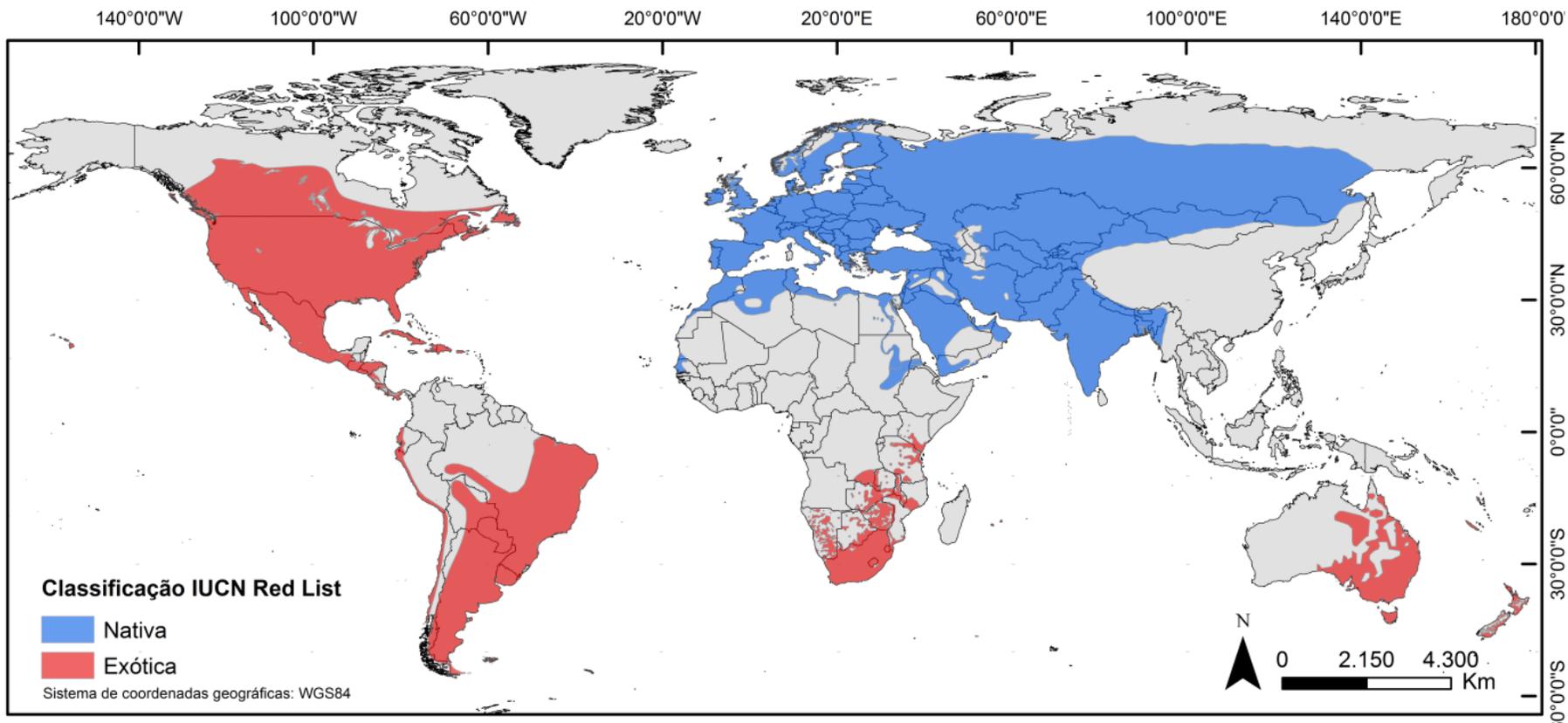


Figura 3: Mapa elaborado a partir de *shape* obtido no site da *IUCN Red List*. A camada “azul” e a camada “vermelha” representam a extensão geográfica onde o pardal ocorre no mundo, sendo que, em azul são locais onde a espécie é nativa e em vermelho são locais onde a espécie é exótica.

A distribuição do *P. domesticus* no Brasil ao longo do século XX

Segundo Sick (1959, 1997) a primeira introdução do *P. domesticus* no Brasil, foi feita possivelmente entre os anos de 1905 e 1906, no município do Rio de Janeiro, até então Distrito Federal do país. Muitas outras introduções foram feitas, além do transporte de um lugar para o outro. Nota-se por meio do mapa de distribuição da espécie (**figura 4**), que no período de 1905-1910, além do registro mencionado no Rio de Janeiro, o *P. domesticus* esteve presente em outras cinco localidades, ocupando apenas poucos municípios das regiões sudeste e sul do Brasil.

Os registros de ocorrência do *P. domesticus* no período seguinte, de 1911 a 1940, apontam a expansão da espécie em outros 12 municípios (**anexo 1**). Esta expansão ocorreu especialmente no sudeste brasileiro nos estados em que a espécie já ocorria, e também em novos estados da região sudeste e centro-oeste, sendo eles o Espírito Santo e Mato Grosso do Sul. Sabe-se que o registro observado no Norte do país se refere a uma introdução sem sucesso realizada em Belém, no ano de 1927, em que a espécie veio a se extinguir dois anos mais tarde (Smith 1980).

Nos anos de 1941 a 1970 percebeu-se um aumento expressivo, comparado aos períodos anteriores, da ocorrência do *P. domesticus* no país, em que a espécie passou a ocorrer em 112 novos municípios (**anexo 1**). Nesta ocasião, a espécie não só aumentou o número de municípios ocorrentes no sudeste e sul brasileiro, como também surgiu novamente no norte do país e em vários outros estados das regiões centro-oeste e nordeste do Brasil.

Entre 1971 e 2000, a espécie continuou a se expandir sobre o território brasileiro e alcançou 83 novos municípios (**anexo 1**). Porém, neste período, houve uma redução no número de novos municípios ocupados na região sudeste e sul do país, e em contrapartida, uma expansão mais significativa nos estados já ocupados do centro-oeste, nordeste e no norte do país, sendo este último, de maneira menos expressiva. Foi nessa época também que o *P. domesticus* ocorreu pela primeira vez, em 1984, na Ilha da Trindade. Até o final da década de 90 o *P. domesticus* já havia ocupado aproximadamente 213 municípios brasileiros, distribuídos ao longo de 22 estados do país, além do Distrito Federal (**anexo 1**).

O último período analisado, que compreende os anos de 2001 a 2016, constatou um aumento significativo da ocorrência da espécie em todos os estados brasileiros. Nesta época, o *P. domesticus* alcançou 197 novos municípios (**anexo 1**), e também foi observado pela primeira vez nos quatro últimos estados ainda considerados isentos da espécie, no período anterior, sendo eles, Acre, Rondônia, Roraima e Tocantins. A espécie também foi observada pela primeira vez, em 2003, no arquipélago de Fernando de Noronha.

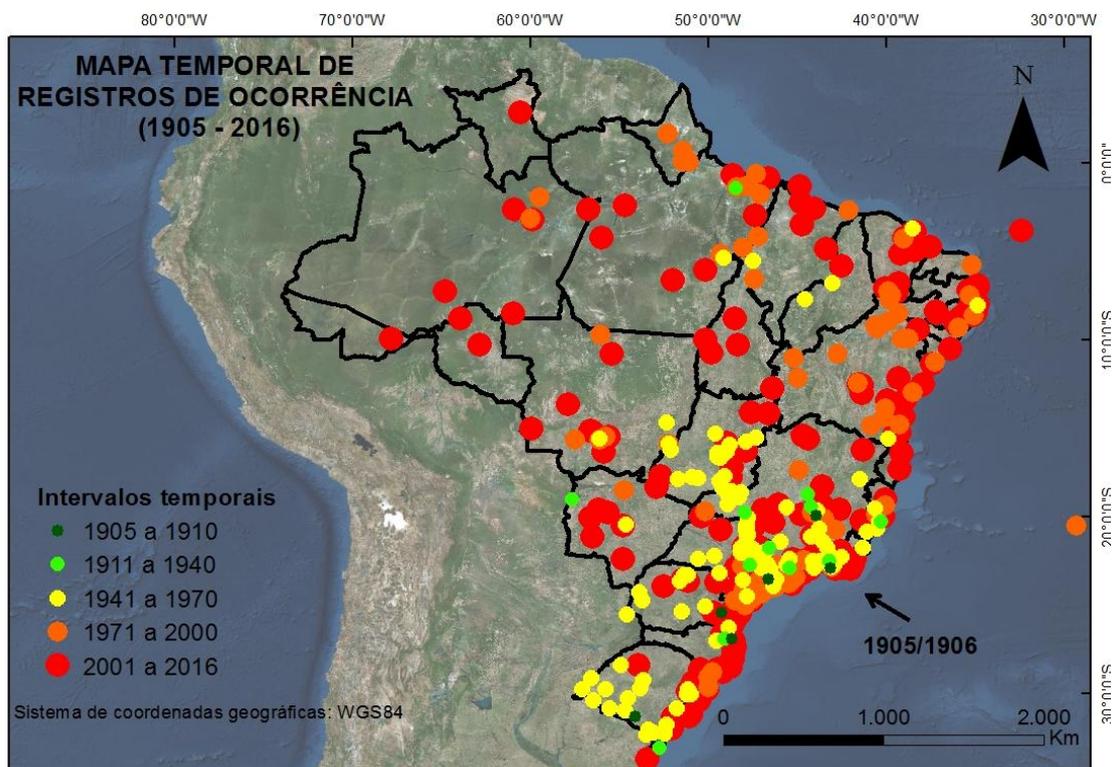


Figura 4: Distribuição dos registros do *P. domesticus* no Brasil entre 1905 a 2016, por intervalos temporais. Cada ponto apresentado no mapa ilustra uma sede municipal com ao menos uma ocorrência.

A distribuição atual do *P. domesticus* no Brasil

O mapa abaixo foi elaborado a partir dos 7.584 registros de ocorrência do *P. domesticus* no Brasil (**figura 5**). Estes registros foram sobrepostos aos limites de ocorrência da espécie definidos pela *IUCN Red List*. Por meio do mapa temático gerado, é possível perceber que o quadro atual de ocupação da espécie supera a ocupação observada até a década de 90, e também supera os limites estabelecidos pela *IUCN Red List* nos dias atuais.

Segundo os registros de ocorrência, o *P. domesticus* já pode ser observado nos estados do Amapá e Roraima e também em porções de terras dos estados do Amazonas, Pará, e Mato Grosso, que ainda são relatados como isentos da espécie, pela *IUCN Red List*.

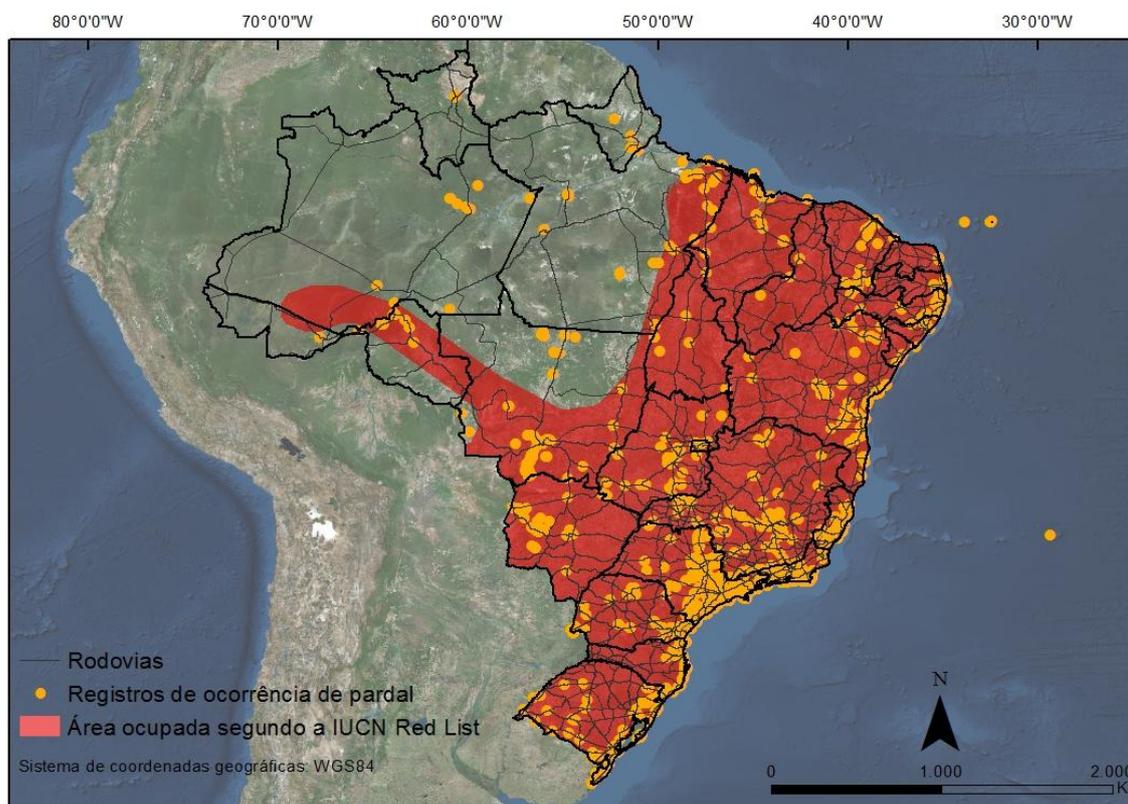


Figura 5: Distribuição dos registros do *P. domesticus* no Brasil entre 1905 a 2016 (pontos amarelos), e distribuição descrita pela IUCN (em vermelho). Linhas finas indicam rodovias.

DISCUSSÃO

A distribuição atual do *P. domesticus* no Brasil

Desde a publicação de Sick (1997) sobre o *P. domesticus* no Brasil, pouco se buscou conhecer sobre a ocorrência dessa espécie nos municípios brasileiros. O mapa de registros de ocorrência no país (**figura 5**) apontou uma ocupação superior do *P. domesticus* nos dias atuais, comparado à ocupação observada até a década de 90 e aos limites estabelecidos pela *IUCN Red List* nos dias atuais. A sobreposição dos registros de ocorrência obtidos de 1905 a 2016, com os limites estaduais do país, mostra que o *P. domesticus* já pode ser observado em todos os estados brasileiros.

Segundo Summers-Smith et al. (2016) o *P. domesticus* foi introduzido da Europa para o Brasil e os vários eventos de introdução e translocação da espécie no país, caracteriza sua ocupação como um processo mais artificial do que natural (Sick 1959). Porém, a alegação de que a presença do pardal é importante, em especial para o controle de pragas, há muito tempo deixou de valer como argumento para a sua introdução, já que ficou provado que os prejuízos provocados superavam os raros benefícios proporcionados pela espécie (Sick 1959). Assim, nas últimas décadas, é possível que a expansão natural da espécie pelo Brasil, esteja exercendo um papel mais importante na dispersão do pardal, do que os eventos de introdução e translocação da espécie, mas são poucos os registros de literatura que relatam estes eventos.

Apesar dos vários detalhes desconhecidos sobre a rota de expansão natural ao longo dos municípios brasileiros, é importante ressaltar que Sick (1997) apontou que no passado um dos meios mais utilizados pelo *P. domesticus* para a expansão natural para o interior do Brasil foi através dos rios (transporte não proposital nas grandes embarcações como passageiro clandestino) e das estradas de ferro. Entretanto, o mapa de ocorrência atual da espécie mostra que é possível que nos dias atuais aparentemente isto não esteja ocorrendo. Os estados do Amazonas e do Pará são caracterizados por uma maior quantidade de rios do que de estradas, porém, apesar do número alto de cursos d'água que poderiam possibilitar o transporte da espécie nas embarcações, há uma baixa ocorrência do *P. domesticus* nestes dois estados, o que contradiz o argumento de que atualmente a espécie se dispersa através das embarcações, nos rios brasileiros. Além disso, a pouca ocorrência da espécie nos estados do Acre, Amazonas, Amapá, Mato Grosso, Rondônia, Roraima e Pará, localizados nas regiões norte e centro-oeste do país, com os poucos pontos de ocorrência aparentemente sobrepostos às estradas brasileiras, reforça que nos dias atuais, possivelmente as estradas apresentam uma maior importância para a dispersão da espécie. Sabe-se que um evento decisivo para a ocupação da espécie foi a construção de Brasília, com a consequente ampliação das estradas brasileiras (Sick 1959) e que o *P. domesticus* se expandiu através das estradas de ferros em outros países além do Brasil (Anderson 2006) (mas o mesmo não foi verificado para rios).

O ritmo de invasão lenta do *P. domesticus* no Brasil é semelhante ao que ocorreu no restante da América do Sul (Long 1981). Há de se considerar que o número de pardais soltos no continente sul americano é reduzido quando comparado ao observado na América do Norte (Long 1981). Populações da espécie localizadas na América do Sul são mais limitadas filogeneticamente do que as populações da Europa e América do Norte ((Johnston and Selander 1973) mas ver Lima et al. (2012) para populações do Brasil, e isto pode ser consequência do reduzido número de indivíduos soltos na América do Sul.

A distribuição do *P. domesticus* no Brasil ao longo do século XX

Em 1879 já se sabia da ocorrência do pardal na América do Sul, na Argentina (Palmer, 1898). Em 1900 o *P. domesticus* já era presente na Colômbia, e poucos anos depois, em 1913 supostamente por migração deste país, a espécie surgiu no Uruguai; por duas vezes, em 1904 e em 1915, a espécie foi introduzida no Chile e a partir dessas introduções dispersou até o Peru (Long 1981). Baseando-se no mapa temporal de ocorrência da espécie, é possível perceber, que entre 1905 a 1910, o *P. domesticus* ocorria em pontos específicos das regiões sudeste e sul do Brasil. O primeiro trabalho de revisão do *P. domesticus* no Brasil apontou que a espécie foi introduzida no Brasil apenas por volta de 1905 a 1906, quando nesta ocasião 200 indivíduos foram soltos na cidade do Rio de Janeiro para o controle de pragas, em especial de insetos (Sick 1959; Sick 1997).

Apesar da presença do *P. domesticus* na Argentina desde o século XIX, sabe-se que a espécie só ocupou o Rio Grande do Sul anos mais tarde. Poucos anos depois de sua introdução no Rio de Janeiro, em 1910 o *P. domesticus* foi levado para o município de Bagé (RS) (Smith 1973), pelo então prefeito da cidade, como elemento ornamental (Sick 1959). Concomitantemente, o *P. domesticus* também foi introduzido em Belo Horizonte (MG), logo após a fundação do município, e observado em Itajaí (SC), Curitiba (PR) e São Paulo (SP) (Sick 1997).

Porém, se o *P. domesticus* já se encontrava na América do Sul desde 1879 (mas ver Long (1981)), porque a espécie só chegou ao Brasil no século seguinte, mediante intermediação humana (mas ver Lima et al. (2012))? Sobre as invasões mediadas pelo homem, sabe-se que as espécies introduzidas se

tornam invasoras apenas após a superação de todas as etapas do processo de invasão. Primeiramente a espécie é transportada, em seguida introduzida, depois a espécie se estabelece (torna-se hábil em sobreviver e reproduzir), e por fim se torna invasora (torna-se hábil em se dispersar e ocupar novos ambientes distantes do ponto de introdução (Blackburn et al. 2011).

Comparativamente, nos Estados Unidos, o *P. domesticus* foi primeiramente introduzido em 1850 em Nova York e em seguida em 1854 em Portland, Peacedale e Boston (Palmer 1898). Sabe-se que as aves do primeiro lote não prosperaram (Palmer 1898), e que ocorreram concomitantemente outras dezenas de eventos de introdução que favoreceram o estabelecimento da espécie naquele país (Barrows 1889). Porém, o que mais contribuiu para o seu estabelecimento nos Estados Unidos naquela época, foi um lote de 1.000 aves enviado para a Filadélfia por volta de 1860, e assim, em 1898 apenas três estados norte-americanos aparentemente ainda não eram colonizados pela espécie (Palmer 1898). Assim, algumas características são importantes para o sucesso de uma invasão. A pressão do propágulo, definida como o número de indivíduos introduzidos, e o número de eventos de soltura, têm sido variáveis de grande poder explicativo do sucesso da introdução de aves exóticas (Simberloff 2009).

Baseando-se no mapa de ocorrência temporal obtido neste estudo, foi possível perceber que no período 1911 a 1940 houve uma expansão da espécie em municípios não ocupados anteriormente. No período seguinte, de 1941 a 1970 foi observado um aumento expressivo do *P. domesticus* no país, no qual o pardal passou a ocupar todas as regiões brasileiras. A ocorrência da espécie na região amazônica se deu aproximadamente em 1964, quando o *P. domesticus* chegou nos municípios de Imperatriz e Marabá, através da estrada que ligava Belém a Brasília (Smith 1980). Sabe-se que no ano de 1927, foi realizada uma introdução na região amazônica, na cidade de Belém, porém, a espécie veio a se extinguir dois anos mais tarde (Smith 1980). Muitas espécies só se tornam invasoras depois de um período de tempo, aparentemente necessário para que a mesma se adapte evolutivamente à nova região habitada (Suarez and Tsutsui 2008). Ao chegarem a um novo ambiente as espécies exóticas podem manter seu nicho (nichos conservador) ou elas podem mudá-lo (plasticidade de nicho) (Sanz-Aguilar et al. 2015), porém, apesar das

espécies muitas vezes conseguirem se adaptar ao seu novo ambiente, condições climáticas semelhantes às do local de origem contribuem para o sucesso da invasão (Holt et al. 2005). Além disso, é possível que inicialmente o clima quente e úmido da Amazônia brasileira tenha sido desfavorável para o estabelecimento da espécie nesta região (Sick 1959; Silva and Oren 1990; Sick 1997), tendo em vista que as populações introduzidas no Brasil eram provenientes em sua maioria de ambientes temperados.

Apesar da existência de registros de ocorrência do *P. domesticus* em todos os estados brasileiros, o mapa da ocupação atual da espécie no Brasil, mostra que as regiões sudeste e sul do Brasil são as que apresentam maior concentração de registros de ocorrência do *P. domesticus*. A maior concentração de registros nestas regiões pode ser reflexo do processo histórico de ocupação, visto que foram as duas regiões brasileiras primeiramente ocupadas pela espécie (Sick 1959). Sabe-se também que a abundância do *P. domesticus* está associada às áreas urbanizadas e abertas com baixa densidade de arbustos (MacGregor-Fors et al. 2010), e também a uma maior concentração de estradas (Sick 1959; Smith 1973; Smith 1980), cenário comum em especial em muitos municípios do sudeste brasileiro. Porém, este resultado pode estar relacionado à presença de maior quantidade de ornitólogos e observadores de aves, a um maior número de instituições e também à maior disponibilidade de recursos para a execução de pesquisas nestas regiões. É possível que muitos municípios brasileiros não tenham sido citados neste estudo, como locais de ocorrência do pardal, devido à falta de relatos em publicações científicas e base de dados.

Sabe-se que o *P. domesticus*, causa prejuízos na agricultura e horticultura do país, já que muitas vezes utiliza hortas, pomares, culturas de milho, culturas de arroz, dentre outros, como fontes de alimento (Sick 1997). Em 1898 já se tinha notícias dos prejuízos provocados pelo *P. domesticus* em outros países onde a espécie foi introduzida, ao destruir frutos e grãos, ao desfigurar construções civis nas cidades e vilas, e também ao expulsar outras aves do local onde foram introduzidos (Palmer 1898). Sobre a expulsão de espécies nativas, as mudanças na biodiversidade têm acontecido devido a diversos fatores (Gibson et al. 2013; Urban 2015), porém, os organismos invasores em geral estão entre os principais fatores propulsores da perda

global e extinção de espécies (Doherty et al. 2016). Por deter de 15 a 20% de todas as espécies descritas mundialmente, o Brasil é considerado o país de maior biodiversidade do planeta (Latini et al. 2016). Porém, apesar do aumento de esforços de conservação verificados nos últimos anos, cada vez mais a biodiversidade diminui no Brasil e no mundo (Butchart et al. 2010). É possível sugerir a partir dos resultados obtidos, que a distribuição do *P. domesticus* por todo o Brasil, inclusive na região amazônica, está em expansão, e junto com ela também tem aumentado o potencial de danos provocados pela espécie no país.

Por fim, primeiramente é preciso compreender se os municípios relatados neste estudo como isentos do *P. domesticus*, são realmente isentos, ou são “pseudo-ausências” (ocorrência não registrada devido à ausência de estudos ou de observadores de aves no local). Feito isso, políticas de gestão são fundamentais para compreendermos e tentarmos implantar medidas de controle da expansão da espécie no país.

CONCLUSÃO

O mapa de registros de ocorrência no país apontou uma ocupação superior do *P. domesticus* nos dias atuais, comparado à ocupação observada até a década de 90 e aos limites estabelecidos pela *IUCN Red List* nos dias atuais. Por se tratar de um granívoro de grande importância econômica no Brasil, atualmente um dos principais desafios é compreender como tem sido a expansão natural da espécie ao longo dos municípios brasileiros. No passado, sabe-se que estradas e rios foram fundamentais para a expansão do *P. domesticus*, porém, atualmente é possível que apenas as estradas estejam sendo importantes para a dispersão da espécie. Esta sugestão é baseada no fato de que, nos estados do Amazonas e do Pará, onde se predomina os rios ao invés de estradas, há uma pouca quantidade de registros de ocorrência da espécie. Porém, é possível que esta pouca quantidade de registros também seja resultado da rejeição do *P. domesticus* por matas, vegetação predominante nestes estados.

Neste estudo foi feito um mapeamento da ocorrência do *P. domesticus* em todo o Brasil, de forma que foram preenchidas muitas lacunas existentes sobre o processo de ocupação da espécie no país, em especial nos últimos 20

anos. O baixo número de municípios com registros do *P. domesticus* (410 municípios brasileiros) até os dias atuais, pode ser explicado pelas “pseudo-ausências” (ocorrência não registrada devido à ausência de estudos ou de observadores de aves no local). Além disso, os registros concentrados principalmente nas regiões sudeste e sul do Brasil, pode estar relacionado à presença de maior quantidade de ornitólogos e observadores de aves, de um maior número de instituições e também à maior disponibilidade de recursos para a execução de pesquisas nestas regiões.

Mesmo que o trabalho tenha apresentado melhores resultados sobre a ocupação do *P. domesticus* nos últimos 20 anos no Brasil, sabe-se que uma revisão mais completa deve ser feita, para se ter um diagnóstico ainda melhor sobre os limites de ocorrência do *P. domesticus* no país. É de desejar que em uma próxima etapa seja feito um levantamento em todos os municípios brasileiros para constatar a presença ou não do pardal, nas respectivas localidades. Sabe-se que os limites da extensão onde a espécie é nativa são relativamente estáveis, diferentemente de onde as espécies são exóticas. Estudos de distribuição das espécies exóticas aliados a políticas de gestão são fundamentais para compreendermos e tentarmos implantar medidas de mitigação e erradicação de espécies exóticas.

ANEXOS

Anexo I – Resumo de registros de ocorrência separados por municípios e por estados brasileiros.

Estados	Municípios	Primeiro relato de ocorrência por município
Acre	Rio Branco	2014
Alagoas	Maceió	2000
	Coruripe	2003
	São José da Laje	2004
	União dos Palmares	2007
Amapá	Macapá	1994
	Santana	1994
	Serra do Navio	1994
	Porto Grande	1994
Amazonas	Presidente Figueiredo	1982
	Manaus	1987
	Novo Airão	2006
	Parintins	2008
	Lábrea	2013
	Careiro da Várzea	2014
	Novo Aripuanã	2014
Bahia	Potiraguá	1969
	Jequié	1971
	Itabuna	1971
	Vitória da Conquista	1973
	Barreiras	1974
	Formosa do Rio Preto	1974
	Xique Xique	1974
	Salvador	1981
	Curaça	2000
	Canudos	2000
	Boa Nova	2000
	Jeremoabo	2000
	Chapada Diamantina	2000
	Prado	2004
	Una	2004
	Palmeiras	2004
	Paulo Afonso	2006
	Porto Seguro	2009
	Lençóis	2010
	Itaquara	2011
Mata de São João	2011	
Cairu	2012	

	Itacaré	2013
	Remanso	2013
	Eunápolis	2013
	Camacan	2013
	Mucugê	2013
	Serra Preta	2014
	Imbassai	2014
Ceará	Fortaleza	1968
	Mulungu	2000
	Juazeiro do Norte	2000
	Baturité	2003
	Crato	2007
	Guaramiranga	2007
	Araripe	2007
	Quixeramobim	2013
	Várzea Alegre	2014
	Maracanaú	2014
	Aracati	2014
	Aquiraz	2014
	Buturité	2014
	Potengi	2014
Distrito Federal	Brasília	1959
Espírito Santo	Vitória	1928
	Cachoeiro de Itapemirim	1950
	Cariacica	1950
	Guarapari	1950
	Colatina	1956
	Linhares	1971
	Ilha Trindade	1984
	Santa Teresa	1985
	Venda Nova do Imigrante	2003
	Sooretama	2003
	Vargem Alta	2005
	Aracruz	2009
Goiás	Goiânia	1945
	Itumbiara	1949
	Jataí	1950
	Rio Verde	1950
	Santa Helena de Goiás	1950
	Trindade	1950
	Aragarças	1954
	Ceres	1956
	Anápolis	1957
	Corumbá de Goiás	1957
	Formosa	1957

	Goiatuba	1957
	Morrinhos	1957
	Inhumas	1962
	Nerópolis	1962
	Bom Jardim de Goiás	1963
	Cristianópolis	2002
	Caldas Novas	2002
	Pirenópolis	2003
	Luziânia	2003
	Posse	2003
	Chapadão do Céu	2004
	Alto Paraíso de Goiás	2012
Maranhão	Estreito	1973
	Itinga do Maranhão	1973
	Itupiranga	1973
	São Luís	1979
	Caxias	2012
	Apicum-açu	2012
	Arari	2013
	Barrerinhas	2013
	São José de Ribamar	2014
	Imperatriz	1964-1965
Mato Grosso	Nova Xavantina	1944
	Cuiabá	1952
	Poconé	1985
	Chapada dos Guimarães	1985
	Barra do Garças	1990
	Várzea Grande	1994
	Alta Floresta	1997
	Porto Estrela	2005
	Barão de Melgaço	2008
	Vila Bela da Santíssima Trindade	2009
	Campo Novo do Parecis	2013
	Campo Verde	2014
	Jangada	2014
	Colíder	2014
Mato Grosso do Sul	Corumbá	1928
	Campo Grande	1956
	Coxim	1996
	Miranda	2003
	Costa Rica	2006
	Corguinho	2008
	Bonito	2008
	Dourados	2011
	Aquidauana	2011

	Terenos	2014
Minas Gerais	Belo Horizonte	1910
	Curvelo	1930
	Sete Lagoas	1930
	Uberaba	1930
	Poços de Caldas	1934
	Juiz de Fora	1944
	Barbacena	1947
	Conselheiro Lafaiete	1947
	Santos Dumont	1947
	São João Del Rei	1947
	Dores do Indaiá	1949
	Araguari	1950
	Itajubá	1950
	Monte Alegre de Minas	1950
	Prata	1950
	Tupaciguara	1950
	Uberlândia	1950
	Lagoa Santa	1958
	Alfenas	1959
	Teófilo Otoni	1959
	Viçosa	1973
	Pirapora	1973
	Ouro Preto	1981
	Iturama	1985
	Camanducaia	1991
	Catas Altas	1995
	Esmeraldas	1997
	Timóteo	2001
	Januária	2002
	Itacarambi	2002
	São Roque de Minas	2003
	Cardeal Mota	2003
	Santa Rita de Jacutinga	2003
Diamantina	2004	
Medina	2009	
Matozinhos	2009	
Araxá	2013	
Tiradentes	2014	
São Gotardo	2014	
Delfim Moreira	2014	
Mariana	2014	
Vargem Bonita	2014	
Contagem	2014	
Confins	2014	

	Nova Serrana	2014
Pará	Belém	1928
	Marabá	1964
	Salinópolis	1976
	Capitão Poço	1977
	Castanhal	1978
	Rondon do Pará	1979
	Ananindeua	1991
	Canaã dos Carajás	2002
	Santarém	2008
	Bragança	2013
	Paragominas	2013
	São Félix do Xingu	2013
	Ilha do Marajó	2014
	Itaituba	2014
	Paraíba	João Pessoa
Cabedelo		2011
Pitimbu		2013
Paraná	Curitiba	1910
	Ponta Grossa	1952
	Rolândia	1956
	Cambira	1959
	Foz de Iguaçu	1959
	Guarapuava	1959
	Londrina	1959
	Palotina	1959
	Toledo	1959
	Morretes	2001
	Antonina	2003
	Balsa Nova	2013
	Guaraqueçaba	2013
	Apucarana	2014
	Tamarana	2014
	Araruna	2014
Pernambuco	Recife	1963
	Cabrobró	1971
	Petrolina	1971
	Exu	1974
	Tamandaré	1989
	Timbaúba	1999
	Petrolina	2000
	Juazeiro do Norte	2000
	Sirinhaém	2003
	Fernando de Noronha	2003
	Vitória de Santo Antão	2006

	Buíque	2007
	Arcoverde	2007
	Pombos	2008
	Ipojuca	2009
	Igarassu	2011
	Jaqueira	2013
	Olinda	2014
	Paudalho	2014
Piauí	Barro Duro	2014
	Floriano	1964-1965
	Uruçuí	1964-1965
	Petrópolis	1925
	Nova Friburgo	1947
	Teresópolis	1953
	Campos dos Goytacazes	1959
	Magé	1959
	Mangaratiba	1959
	Mendes	1959
	Niterói	1959
	Três Rios	1959
	Vale do Paraíba	1959
	Itaboraí	1959
	São Gonçalo	1988
	Itatiaia	1996
	Angra dos Reis	2001
	Armação dos Búzios	2005
	Cachoeiras de Macacu	2005
	Paraty	2005
	Carmo	2005
	Duas Barras	2006
	Sumidouro	2006
	Araruma	2009
	Maricá	2011
	Casimiro de Abreu	2012
	Arraial do Cabo	2012
	Penedo	2013
	Macaé	2013
	Saquarema	2013
	Resende	2014
	Cabo Frio	2014
	Rio de Janeiro	1905-1906
Rio Grande do Norte	Natal	1971
Rio Grande do Sul	Bagé	1910
	Santa Vitória do Palmar	1931
	Jaguarão	1944

	Pelotas	1944
	Porto Alegre	1944
	Rio Grande	1944
	Santa Maria	1944
	Santana do Livramento	1944
	São Gabriel	1944
	São Leopoldo	1944
	São Luiz Gonzaga	1944
	Uruguaiana	1944
	Alegrete	1959
	Arroio Grande	1959
	Camaquã	1959
	Dom Pedrito	1959
	Herval	1959
	Itaqui	1959
	Júlio de Castilhos	1959
	Viamão	1959
	Quaraí	1959
	Cambará do Sul	1996
	Capão da Canoa	1997
	São José do Norte	2003
	São Francisco de Paula	2003
	Canoas	2007
	Mostardas	2010
	São Lourenço do Sul	2010
	Capivari do sul	2011
	Chui	2011
	Ijuí	2012
	Tavares	2012
	Bom Jesus	2013
	Gramado	2014
	Tramandaí	2014
	Canela	2014
Rondônia	Porto Velho	2002
	Cacaulândia	2004
Roraima	Boa Vista	2010
Santa Catarina	Itajaí	1910
	Blumenau	1935
	Ibirama	1945
	Joinville	1947
	Timbé do sul	1999
	São Francisco do sul	2002
	Garuva	2003
	Pomerode	2005
	Imbituba	2008

	Garopaba	2008
	Balneário Camboriú	2009
	Florianópolis	2009
	Governador Celso Ramos	2010
	Itapoá	2013
	Laguna	2013
	Garuva	2013
	Balneário Rincão	2014
	Nova Veneza	2014
	Morro Grande	2014
	Navegantes	2014
São Paulo	São Paulo	1910
	Pindamonhangaba	1935
	Piracicaba	1936
	Pirassununga	1943
	Araraquara	1944
	Campinas	1944
	Monte Alegre do Sul	1944
	Santos	1944
	Campos do Jordão	1950
	Paraguaçu Paulista	1950
	Piraju	1952
	Registro	1952
	Ribeirão Bonito	1952
	Bragança Paulista	1953
	Garça	1956
	Rio Claro	1956
	Aguai	1957
	Araras	1957
	Guará	1957
	Igarapava	1957
	Jardinópolis	1957
	Limeira	1957
	Orlândia	1957
	Porto Ferreira	1957
	Ribeirão Preto	1957
	Sales de Oliveira	1957
	São João da Boa Vista	1957
	São Joaquim da Barra	1957
	Mogi das Cruzes	1965
	Itapetininga	1967
	Praia Grande	1975
	Peruíbe	1975
Iguape	1975	
São Sebastião	1976	

	Pariquera-Açú	1976
	Bertioga	1976
	Caraguatatuba	1976
	Guarujá	1976
	São Vicente	1976
	Ibiúna	1976
	Miracatu	1976
	Itanhaém	1976
	Cananéia	1976
	Sete Barras	1976
	Barra do Turvo	1976
	Jacupiranga	1976
	Cajati	1977
	Ubatuba	1977
	Juquiá	1977
	Anhembi	1987
	Maresias	1988
	São Miguel Arcanjo	1992
	Itirapina	1993
	Paulínia	2001
	Cabreúva	2001
	Ilhabela	2002
	Taubaté	2003
	Indaiatuba	2004
	Brotas	2005
	Américo Brasiliense	2005
	Águas de São Pedro	2008
	Cubatão	2008
	Ribeirão Grande	2008
	Ilha Comprida	2009
	Botucatu	2009
	Bitituba Mirim	2011
	Guarulhos	2011
	Salesópolis	2011
	Ubatumirim	2011
	Capão Bonito	2011
	Atibaia	2012
	São Roque	2012
	Tremembé	2013
	Santo André	2013
	Jacareí	2013
	São Carlos	2013
	São José dos Campos	2013
	Franca	2013
	São Luiz do Paraitinga	2013

	Barão de Antonina	2013
	Nova Odessa	2013
	Mauá	2014
	Turmalina	2014
	São José do Rio Preto	2014
Sergipe	Aracaju	1997
	Santa Luzia do Itanhy	2013
Tocantins	Guaraí	2002
	Ilha do Bananal	2003
	Aurora do Tocantins	2010
	Lagoa da Confusão	2011
	Palmas	2014
Total de municípios ocupados	410	
Total de estados ocupados	26 estados + o Distrito Federal	

CAPÍTULO 2

ADAPTAÇÕES REPRODUTIVAS DE PARDAIS *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758) INTRODUZIDOS EM AMBIENTES TROPICAIS E TEMPERADOS

Adaptações reprodutivas de pardais *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758) introduzidos em ambientes tropicais e temperados

RESUMO

O estabelecimento de espécies exóticas de aves tem aumentado nas últimas décadas. Adaptações reprodutivas, como a variação no tamanho da ninhada e do período reprodutivo, são fatores importantes para o estabelecimento de uma espécie exótica em novos habitats, porém, atualmente pouco se sabe sobre a existência de diferenças em padrões reprodutivos de aves exóticas entre áreas nativas e introduzidas. Neste estudo foi testada a hipótese de que as aves alteram seus parâmetros reprodutivos em resposta às características ambientais dos locais invadidos. Como resultado foram obtidos 1.919 registros de tamanho de ninhada e 1.850 registros de data da postura do pardal (*Passer domesticus*), de visitas a coleções de ovos em museus no Brasil e no exterior, coletas em campo, registros de literatura e registros de banco de dados da internet. Foram analisadas ninhadas de cinco regiões, sendo três introduzidas (temperada do norte, temperada do sul, e regiões tropicais) e duas nativas (temperada do norte e regiões tropicais). A Análise de Desvio com dados de contagem (GLM) seguida de um teste de *post hoc* para detectar as diferenças entre os grupos revelou que o tamanho de ninhada variou entre os grupos estudados ($p < 0,001$), sendo que, em áreas nativas, o tamanho de ninhada em regiões temperadas ($4,6 \pm 0,04$; $n=766$) foi maior do que o tamanho de ninhada em regiões tropicais ($3,5 \pm 0,14$; $n=71$). O mesmo padrão ocorreu entre regiões introduzidas temperadas do norte ($4,8 \pm 0,03$; $n=1.003$) e regiões introduzidas tropicais ($3,3 \pm 0,22$; $n=24$). O tamanho de ninhada foi semelhante entre regiões temperadas nativas e introduzidas, assim como entre regiões tropicais nativas e introduzidas. Um teste de GLM em que a latitude e ser exótica/nativa foram as variáveis explicativas e o tamanho de ninhada foi a variável resposta revelou que para os registros do hemisfério norte, a relação encontrada entre o tamanho de ninhada e a latitude não depende da espécie ser nativa ou introduzida ($p=0,203$). Portanto, as diferenças climáticas entre regiões temperadas e tropicais tiveram um efeito maior sobre o tamanho de ninhada do que o local ser nativo ou introduzido. Apesar do padrão latitudinal encontrado para os dados da data da postura, não foi possível avaliar a

influência de ser exótico ou nativo sobre o período reprodutivo, devido à insuficiência de registros de data da postura na região tropical em ambos os hemisférios.

Palavras-chave: espécies invasoras; história de vida; pardais; *Passer domesticus*; tamanho de ninhada.

ABSTRACT

The establishment of exotic bird species has increased during the last decades. Reproductive adaptations, such as variation in clutch size and reproductive period, are important factors for the establishment of exotic species. However, nowadays there is a scant knowledge about the existence of difference of reproductive patterns of exotic birds between native and introduced areas. In this study I tested the hypothesis that birds modify their reproductive parameters in response to environmental characteristics of the invaded sites. Thus, I obtained 1.919 clutch size records and 1.850 laying date records of House Sparrows (*Passer domesticus*), from museum egg collections from Brazil and abroad, field collections, literature records and internet database records. Data from five regions were analyzed being three of these introduced (north temperate, south temperate, and tropical regions) and two native (north temperate and tropical regions). The Deviance Analysis with counting data (GLM) followed by a *post hoc* test to detect differences between groups revealed that clutch size varied between the groups studied ($p < 0.001$), whereas in native areas clutch size in temperate regions (4.6 ± 0.04 ; $n = 766$) was greater than clutch size in tropical regions (3.5 ± 0.14 ; $n = 71$). The same pattern occurred between northern temperate introduced regions (4.8 ± 0.03 ; $n = 1,003$) and tropical introduced regions (3.3 ± 0.22 ; $n = 24$). Clutch size was similar between native and introduced temperate regions, as well as between native and introduced tropical regions. A GLM test in which latitude and being introduced/native were the explanatory variables and clutch size was the response variable revealed that for Northern Hemisphere records, the relationship found between clutch size and latitude does not depend on the species being native or introduced ($p = 0.203$). Therefore, climatic differences between temperate and tropical regions have had a greater effect on clutch size than the breeding location being native or introduced. Despite the latitudinal pattern found for laying date data, it was not possible to evaluate the influence of being introduced or native over the reproductive period due to insufficient records of date of laying date from the tropical region in both hemispheres.

Keywords: clutch size; House Sparrow; invasive species; life history; *Passer domesticus*.

INTRODUÇÃO

A história de vida pode ser definida como um conjunto de estratégias, que incluem adaptações comportamentais, fisiológicas e anatômicas, que interferem na sobrevivência e reprodução dos indivíduos (Ricklefs and Wilkelski 2002). Foi aproximadamente na década de 40 do século passado, a partir da análise de parâmetros reprodutivos de aves, que surgiram as principais teorias da história de vida, e desde então, a riqueza de informações, novas hipóteses e observações apontam o sucesso notável de pesquisas relacionadas ao tema (Ricklefs 2000).

Entre os primeiros estudos científicos mais consolidados sobre a história de vida dos organismos está a descrição detalhada de Moreau (1944) propondo que aves das regiões tropicais colocam menos ovos do que aves das regiões temperadas. Em seguida Lack (1947) apontou que o tamanho de ninhada é uma adaptação que favorece um sucesso reprodutivo individual máximo e que os maiores tamanhos de ninhadas nas regiões temperadas se devem à maior capacidade dos pais em fornecerem alimento, proporcionada pelos períodos de luz de dia mais longos. O que de fato ocorreu foi que ao longo dos anos, ornitólogos compreenderam que as fêmeas de diferentes espécies de aves colocam um número de ovos específico, e desde então os mecanismos por detrás deste fato têm sido estudados. O tamanho de ninhada está entre os componentes principais da história de vida e pode ser considerado propulsor para o desenvolvimento das principais teorias sobre história de vida (Ricklefs 2000). Muitas teorias foram surgindo ao longo dos anos, e de maneira geral, os questionamentos ecológicos e evolutivos mais amplamente estudados eram desencadeados pelas diferenças encontradas no tamanho de ninhada entre populações de uma mesma espécie e entre espécies de um mesmo gênero ou família (Moreau 1944).

Assim é fundamental definir que tamanho de ninhada é uma importante característica da história de vida e é estimado como o número máximo de ovos encontrados no ninho (Ringsby et al. 1998). Este número máximo de ovos varia de espécie para espécie, e pode ser constante ou variar dentro de um limite previsto (Klomp 1970). Deste modo, Lack (1947) já apontava que o tamanho de ninhada poderia variar ao longo da estação reprodutiva quando aves colocam múltiplas ninhadas, entre um ano e outro, após a introdução em uma nova

região, e em última instância, de acordo com o número máximo médio de jovens para os quais os pais conseguem encontrar alimento suficiente. Além disto, outros fatores também podem interferir no tamanho de ninhada, como por exemplo, a sazonalidade do ambiente (Ashmole 1963) e a taxa de predação de ninhos (Skutch 1949). É importante ressaltar que há evidências que apontam para uma capacidade singular das aves modificarem seus parâmetros reprodutivos em função das condições ambientais (Baker 1995). Estudos esclarecem também que o número de ovos colocados pela fêmea de uma espécie é estabelecido por fatores ontogenéticos (Klomp 1970), e pela evolução, através da seleção natural que atua sobre a variabilidade genética das populações (Lack 1947; Klomp 1970).

Além do tamanho de ninhada, outras variáveis da história de vida das aves também podem sofrer influência do ambiente e interferir na aptidão (*fitness*) dos indivíduos: uma destas variáveis é o período reprodutivo, que muitas vezes é controlado por estímulos do fotoperíodo, em especial nos ambientes mais sazonais como os habitats da região ártica e temperada (Hau 2001). Segundo Hau (2001), a alta correlação entre sazonalidade e fotoperíodo nestes habitats faz com que o fotoperíodo exerça sobre os animais um controle na reprodução. Assim, quando há um aumento do fotoperíodo na primavera, inicia-se a produção de hormônios e ocorrem alterações fisiológicas e comportamentais importantes que afetam a reprodução (Balthazart 1983). Também nas regiões tropicais, apesar da pequena variação no fotoperíodo próximo ao equador, aves podem ser influenciadas por leves aumentos do fotoperíodo, que provocam o início das suas atividades reprodutivas (Hau 2001). Sabe-se que a reprodução sazonal varia de um ambiente para outro e que as respostas relacionadas ao fotoperíodo diferem entre populações de aves localizadas em latitudes diferentes (Gwinner and Scheuerlein 1999). Algumas espécies, inclusive, diferem quanto ao início da estação reprodutiva, que se estabelece em função da localidade geográfica (Baker 1995) e possivelmente das condições do ambiente. Além do fotoperíodo, muitas aves ajustam a época da postura à disponibilidade de alimentos, e assim, o período reprodutivo coincide com o período do ano que apresenta maior abundância de alimento local, aumentando o *fitness* dos indivíduos (Lack 1968). Neste sentido,

além do tamanho de ninhada, a época da postura também apresenta um grande impacto sobre o *fitness* dos indivíduos (Gienapp and Bregnballe 2012).

Todas estas variações nos parâmetros reprodutivos das espécies raramente ocorrem de forma estocástica, mas seguem padrões bem estabelecidos, como os gradientes latitudinais, definidos e mantidos pela seleção natural (Baker 1995; Samaš et al. 2013). Entretanto, apesar de serem estudadas em escala local, em geral, variações regionais e sazonais das características da história de vida não eram consideradas importantes no passado e os estudos muitas vezes se limitavam a uma dada região e eram aplicados a outras (Lack 1947). Porém, nos últimos anos pesquisas em escalas geográficas maiores e dos padrões ecológicos geográficos existentes têm sido amplamente consideradas, e dentre os mais difundidos está o gradiente latitudinal de tamanho de ninhada, que consiste na tendência do tamanho de ninhada de aves covariar positivamente com a latitude (Samaš et al. 2013). Um segundo padrão latitudinal existente, mas não tão conhecido quanto o primeiro, é o da data da postura do primeiro ovo também covariar positivamente com a latitude (Chastel et al. 2003).

As estratégias que garantem o sucesso reprodutivo das aves têm sido amplamente estudadas, porém, pouco se sabe ainda sobre as adaptações evolutivas no que refere à reprodução de aves em habitats não nativos, ou seja, em ambientes invadidos. Eventos de introdução seguidos de rápidas modificações dos parâmetros reprodutivos de aves introduzidas sugerem uma variação no tamanho de ninhada decorrente de fatores ambientais para estes organismos (Baker 1995; Samaš et al. 2013). Lack (1947) sugeriu que para algumas espécies o tamanho de ninhada pode modificar de um ambiente natural para um introduzido, sendo que as ninhadas maiores nos anos iniciais de introdução podem estar correlacionadas com uma maior disponibilidade de alimento enquanto a espécie ainda é rara. Em um trabalho de revisão que compilou informações de introdução de aves, compreendendo uma ampla gama de espécies, dentre diversas características de história de vida, tamanho de ninhada esteve associado com o sucesso de estabelecimento, sendo que espécies que apresentam maiores tamanhos de ninhada apresentam uma menor capacidade de invasão (Sol et al. 2012).

Cada vez mais é necessário compreender os fatores que limitam ou promovem o sucesso de invasão das espécies exóticas (Guo 2006), e isto inclui compreender também as estratégias reprodutivas desses organismos. Considerando que o tamanho de ninhada (Seel 1968) e a época da postura (Gienapp and Bregnballe 2012) são variáveis que podem influenciar no sucesso reprodutivo de uma espécie, é possível que a variação nestes parâmetros reprodutivos interfira no recrutamento de uma população e conseqüentemente no tamanho de uma população exótica em uma determinada localidade. Apesar do interesse atual pelas invasões biológicas, pouco se sabe sobre as características da história de vida comuns, nos invasores de sucesso. É importante um diagnóstico atual sobre se parâmetros reprodutivos têm sido alterados nas aves que se estabelecem em novos habitats. Assim, com o intuito de avançar no conhecimento do papel de variáveis ambientais sobre as adaptações reprodutivas de organismos exóticos a seguinte pergunta foi respondida: *as aves exóticas alteram parâmetros reprodutivos em resposta às características ambientais dos locais invadidos?*

Por ser uma ave com grande sucesso de invasão e presente em uma extensa amplitude geográfica, *P. domesticus* é um excelente modelo para responder esta pergunta. Sobre a sazonalidade, estudos têm mostrado para muitas espécies que ambientes mais sazonais como os das regiões temperadas do norte, apresentam um maior tamanho de ninhada do que os ambientes menos sazonais como os das regiões tropicais (Ashmole 1963; Samaš et al. 2013), e que existe uma alta correlação entre a sazonalidade e o período reprodutivo da espécie (Hau 2001). Espera-se portanto, que indiferente de estarem em habitats onde são nativos ou onde são exóticos, populações de *P. domesticus* que se mantiverem em condições climáticas semelhantes às de seu local de origem conservem seus parâmetros reprodutivos. Porém, populações de *P. domesticus* localizadas em regiões climáticas com características não semelhantes às de seu local de origem, difiram quanto às características gerais de seus parâmetros reprodutivos. Neste sentido, acredita-se que os parâmetros reprodutivos das populações nativas das regiões temperadas do norte sejam semelhantes aos das populações de *P. domesticus* introduzidas das regiões temperadas do norte; e os parâmetros reprodutivos de populações nativas e introduzidas de *P. domesticus* de regiões

temperadas do norte difiram dos parâmetros reprodutivos das populações nativas e introduzidas de *P. domesticus* das regiões tropicais (**figura 1**). Para isto, especificamente: i) avaliei a ocorrência de tendências geográficas no tamanho de ninhada e na data da postura desta espécie; ii) investiguei a influência de ser exótico ou nativo no controle do tamanho de ninhada.

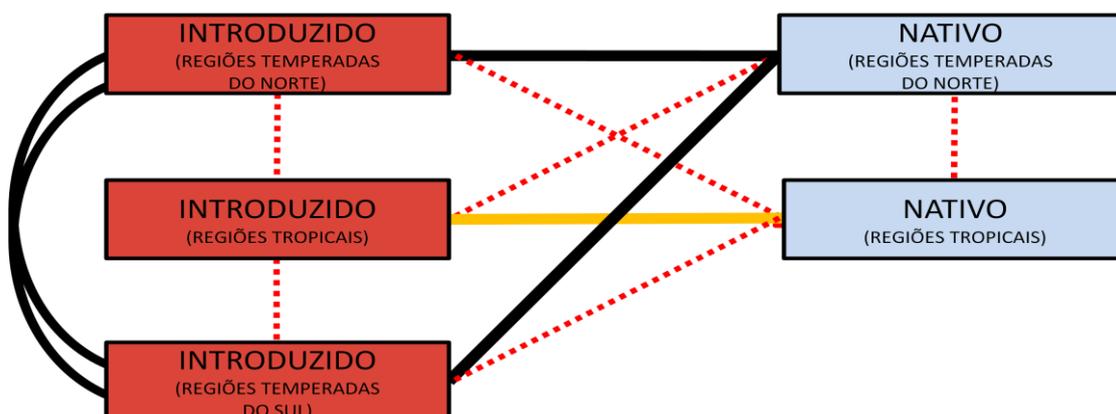


Figura 1: Predições relacionadas ao tamanho de ninhada e época da postura. Linhas contínuas significam conservação do tamanho de ninhada e data da postura; linhas tracejadas significam variação do tamanho de ninhada e data da postura. A cor preta representa as comparações entre ambientes temperados; a cor amarela representa as comparações entre ambientes tropicais; a cor vermelha representa as comparações entre ambientes temperados e tropicais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Espécie focal – *Passer domesticus*

Presente em diversos países ao redor do mundo o *P. domesticus* é uma ave nativa na Europa e em grande parte da Ásia (Palmer 1898), e em alguns locais no norte da África (Bird Life International 2015). Como espécie introduzida está presente em algumas regiões do continente Asiático, no continente Americano, na parte central e sul da África, e na Oceania (Bird Life International 2015). Em escala mundial, os primeiros registros de introdução do *P. domesticus* são datados a partir de 1850 em Nova York, nos Estados Unidos.

Devido ao fato do pardal ter sido introduzido com sucesso em diversas regiões do mundo, coletei informações em escala global, sobre dois dos principais parâmetros reprodutivos da história de vida, que usualmente respondem a uma variação geográfica: o tamanho de ninhada e a época da postura. Os demais parâmetros reprodutivos são importantes, mas nem todos

apresentam padrões bem definidos em resposta a variações geográficas, que é o foco deste estudo, e nem todos são coletados adequadamente (Heming et al. 2013).

O *P. domesticus* habita principalmente áreas associadas ao homem, e está presente em construções isoladas no meio rural a construções nos centros urbanos, porém sua preferência são as periferias dos centros urbanos, onde apresenta maior densidade populacional e sucesso reprodutivo (Summers-Smith et al. 2016). Apesar de ser usualmente nativo de ambientes temperados, o clima aparentemente não é um fator limitante para a espécie, visto que a mesma ocupa ambientes com condições climáticas diferentes das existentes no seu local de origem, como por exemplo, as áreas permanentemente quentes e úmidas da Amazônia brasileira (Smith 1973). A altitude é outro fator que aparentemente não é limitante para a sobrevivência da espécie, visto que a mesma habita terras baixas a áreas de altitudes elevadas como no Peru, onde o *P. domesticus* já foi registrado a 4.900m de elevação (Summers-Smith et al. 2016). Assim, presume-se que os registros obtidos representem inúmeros tipos de habitats, variando quanto às condições climáticas, grau de urbanização, altitude, dentre outras características.

Banco de dados

Por meio de uma revisão de registros de literatura, base de dados online, de registros de museus, foi feita uma busca por dados originais para *P. domesticus*, dos parâmetros reprodutivos estudados. Para obter registros de literatura, foram usadas referências de periódicos específicos de estudos com espécies exóticas (como, por exemplo, no *Biological Invasions*) e em periódicos ornitológicos. Também foram obtidos artigos no portal Google e *Web of Science* utilizando: gênero + espécie AND clutch OR egg OR reproduction. Muitos registros foram obtidos diretamente dos sites das instituições ou requisitados por e-mail: foram contactados mais de 30 Museus de História Natural, localizados em todo o mundo. Os sites de base de dados online como *GBIF*, *eBird*, *SpeciesLink* e outros, também foram revisados, porém, apenas registros obtidos do *Vertnet* foram mantidos, por serem os únicos registros inéditos que ainda não haviam sido obtidos diretamente dos sites das instituições.

Registros do Natural History Museum (Tring, Inglaterra) foram obtidos a partir de uma visita técnica realizada em outubro de 2015 (**figura 2**). Nesta ocasião, foram fotografadas todas as fichas e posteriormente os dados de “data de coleta”, “local de coleta”, “tamanho de ninhada” e informações extras, foram registrados em computador. Por fim, também foram realizadas coletas de campo na cidade de Sete Lagoas, MG, Brasil, em outubro de 2016. Ovos foram coletados, limpos, armazenados e tombados na Coleção Marcelo Bagno do Laboratório de Ecologia e Conservação de Aves da Universidade de Brasília.

Todos os registros obtidos foram analisados, configurados em uma base de dados e em seguida georreferenciados. Foram obtidos 2038 registros de parâmetros reprodutivos de pardais, porém, aproximadamente 6% dos dados de tamanho de ninhada e 9% dos dados de época da postura não foram considerados nas análises. Estes registros foram desconsiderados por tratarem de dados incompletos, que não puderam ser georreferenciados e identificados como fora do padrão da espécie (*outliers*). Para tamanho de ninhada, também foram desconsiderados registros descritos nos dados originais como “quantidade de ovos na foto” e “número de ninhegos” ao invés de “tamanho de ninhada”.

Assim, obtive 1.919 registros de tamanho de ninhada e 1.850 registros de data da postura, obtidos em 17 museus (**tabela 1**), registros de literatura e coletas de campo. Do total de registros úteis de tamanho de ninhada, 61 pertencem a localidades situadas no hemisfério sul e 1.858 pertencem a localidades situadas no hemisfério norte, enquanto que dos registros úteis para análise do período reprodutivo, 56 pertencem a localidades situadas no hemisfério sul e 1.794 pertencem a localidades situadas no hemisfério norte. Não foram incluídos registros da literatura que apresentavam apenas o tamanho médio de ninhada.



Figura 2: Registro fotográfico obtido durante a visita técnica realizada em outubro de 2015, no *Natural History Museum*, em Tring, Inglaterra.

Tabela 1: Quantidade de registros de tamanho de ninhada e de data de postura obtidos por museu, na literatura e no campo.

Museu	País	Tamanho de ninhada	Data da postura
Western Foundation of Vertebrate Zoology	Estados Unidos	988	973
Natural History Museum	Inglaterra	596	527
Carnegie Museum of Natural History	Estados Unidos	81	77
The Museum of Vertebrate Zoology at Berkeley	Estados Unidos	58	53
The Field Museum of Natural History	Estados Unidos	52	49
Muséum National d'Histoire Naturelle	França	28	28
Literatura	-	33	21
University of Michigan Museum of Natural History	Estados Unidos	24	23
Instituto de Invest. de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt	Colômbia	18	19
California Academy of Sciences	Estados Unidos	-	19
Naturhistorisches Museum Wien	Áustria	-	19
Denver Museum of Nature & Science	Estados Unidos	11	12
Santa Barbara Museum of Natural History	Estados Unidos	9	8
Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia	Argentina	7	7
The Cornell University Museum of Vertebrates	Estados Unidos	4	4
Museu Nacional (Rio de Janeiro)	Brasil	3	4
Campo (Sete Lagoas, MG)	Brasil	4	4
Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo	Brasil	2	3
Bernice Pauahi Bishop Museum	Estados Unidos (Havaí)	1	-
Total geral		1919	1850

Análise dos dados

Ao coletar os dados, nem todos os registros obtidos apresentavam todas as informações necessárias para incluir em um só modelo os dois parâmetros reprodutivos estudados (registros incompletos). Tendo em vista que em uma análise conjunta, a perda de dados das regiões tropicais (de registros de tamanho de ninhada e época da postura) seria grande e comprometeria os

resultados da análise, os dados foram analisados separadamente para tamanho de ninhada e época da postura, utilizando uma mesma abordagem: Modelos Lineares Generalizados (GLM) com distribuição de Poisson, para dados de contagem. Segundo Crawley (2013), dados de contagem como os obtidos neste estudo possuem características intrínsecas que precisam ser levadas em conta durante o ajuste de um modelo, como por exemplo, não se tem contagem abaixo de zero, a variância não é constante (variância aumenta com a média), os erros não são normalmente distribuídos e os registros são números inteiros.

Primeiramente, a Análise de Desvio com erros de Poisson (GLM) foi feita para compreender se os valores médios de tamanho de ninhada diferem entre os registros exóticos e nativos, nas diferentes zonas climáticas. O objetivo dessa abordagem foi compreender se indiferente de serem exóticos ou nativos, quando posicionados em condições climáticas semelhantes, os indivíduos apresentam parâmetros reprodutivos similares. Para isso, os registros foram divididos em cinco grupos: “Exótico de Região Temperada do Norte”; “Nativo de Região Temperada do Norte”; “Exótico de Região Tropical”; “Nativo de Região Tropical”; e “Exótico de Região Temperada do Sul”. Após a Análise de Desvio, foi feita uma Análise *post hoc* para detectar diferenças entre os grupos.

Em seguida, a busca por padrões geográficos de tamanho de ninhada e data da postura foi possível a partir da utilização de duas Análises de Regressão com erros de Poisson (GLM). Para a realização destas duas análises, foram utilizados os parâmetros reprodutivos tamanho de ninhada e data da postura como variável resposta, e o valor absoluto da latitude como variável explicativa dos modelos. Neste estudo assim como em outros, *tamanho de ninhada* foi estimado como o número máximo de ovos encontrados no ninho, enquanto que a *data da postura* foi estimada como a quantidade de dias após o primeiro dia do mês da primavera naquele hemisfério em que foi feita a postura, indiferente do ano de coleta. As análises foram separadas por hemisfério, visto que uma análise preliminar revelou que para tamanho de ninhada, uma forte tendência latitudinal positiva estava sendo direcionada pelos registros do hemisfério norte, padrão não observado para os registros do hemisfério sul.

Finalmente, para saber se a origem (se é exótico ou nativo) interfere no tamanho de ninhada e testar a hipótese deste estudo, após a identificação de padrões geográficos dos parâmetros reprodutivos em questão, foi feita uma Análise de Covariância com dados de contagem (GLM), em que tamanho de ninhada foi a variável resposta e latitude e origem (se é exótico ou nativo) foram as variáveis explicativas do modelo. Esta Análise de Covariância não pôde ser feita para a variável resposta data da postura, já que não obtivemos registros suficientes desta variável resposta na região tropical em ambos os hemisférios, e os resultados seriam inadequados e não condizentes com a realidade ecológica dos dados.

É importante ressaltar que segundo Crawley (2013), sob erros de Poisson, assume-se que o desvio residual é igual aos graus de liberdade, pois a variância e a média devem ser a mesma. Quando o desvio residual é maior que o grau de liberdade, é sinal que o modelo apresenta *overdispersion*, e não foi bem ajustado aos dados. Neste caso, o modelo deve ser novamente ajustado com a função *quasipoisson*. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o programa estatístico R (R Development Core Team).

RESULTADOS

Parâmetros reprodutivos obtidos

Como produto da ampla revisão de literatura, de base de dados, registros de museus e coletas de campo, foi obtido ao final um total de 2038 registros de tamanho da ninhada e época da postura, localizados em todos os continentes. Destes registros, 925 são oriundos de regiões onde a espécie é nativa, e 1113 de regiões onde a espécie é exótica (**figura 3**). Os registros foram separados por hemisfério (61 do hemisfério sul e 1858 do hemisfério norte), sendo que os tamanhos de ninhada mais freqüentes são de 4 (36% dos registros) para o hemisfério sul e de 5 ovos (42% dos registros) para o hemisfério norte (**tabela 2**).

Tabela 2: Frequência de vezes em que cada tamanho da ninhada apareceu nos registros e a porcentagem que esta frequência representa, em relação ao total de amostras. Os cálculos foram feitos separadamente para cada hemisfério. Na parte inferior da tabela está o total de ninhadas avaliadas, o valor médio de ninhada e o erro padrão por hemisfério.

Tamanho da ninhada	HEMISFÉRIO NORTE		HEMISFÉRIO SUL	
	Número	Porcentagem	Número	Porcentagem
2	84	5	5	8
3	173	9	10	16
4	505	27	22	36
5	781	42	15	25
6	257	14	8	13
7	46	2	1	2
8	12	1	-	-
Total geral	1858		61	
Média	4,6		4,2	
Erro padrão	± 0,03		± 0,15	

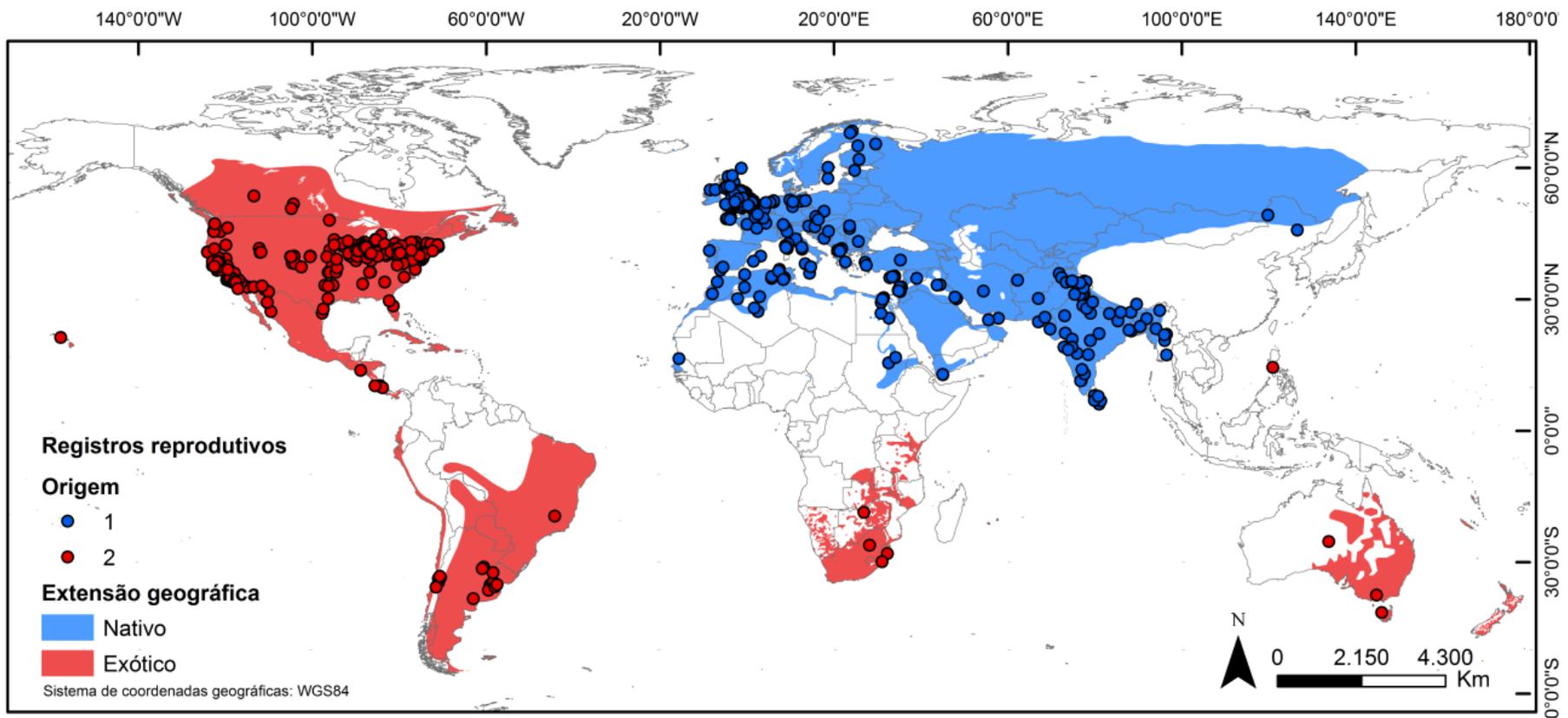


Figura 3: Em azul são locais onde a espécie é nativa e em vermelho são locais onde a espécie é exótica, segundo a IUCN *Red List*. Pontos são registros de tamanho de ninhada e período reprodutivo de *P.domesticus* encontrados na literatura, em museus, base de dados e campo.

Efeito da variação climática sobre o tamanho de ninhada

A Análise de Desvio mostrou uma diferença significativa pequena entre as ninhadas obtidas nas regiões nativas temperadas do norte e nas regiões exóticas temperadas do norte (**tabela 3**). Porém este resultado não foi verificado no teste de *post hoc*, que não apresentou diferenças significativas entre regiões de climas semelhantes. O resultado do teste de *post hoc* deve prevalecer sobre o primeiro, pois é feita uma correção do valor de p devido aos múltiplos testes feitos na execução desta análise. Assim, o teste de *post hoc* (tabela 4) para detectar as diferenças entre os grupos revelou que o tamanho de ninhada variou entre os grupos estudados ($p < 0,001$) (**figura 4**), sendo que, em áreas nativas, o tamanho de ninhada em regiões temperadas ($4,6 \pm 0,04$; $n=766$) foi maior do que o tamanho de ninhada em regiões tropicais ($3,5 \pm 0,14$; $n=71$). O mesmo padrão ocorreu entre regiões introduzidas temperadas do norte ($4,8 \pm 0,03$; $n=1003$) e regiões introduzidas tropicais ($3,3 \pm 0,22$; $n=24$). O tamanho de ninhada foi semelhante entre regiões temperadas nativas e introduzidas, assim como entre regiões tropicais nativas e introduzidas. Portanto, as diferenças climáticas entre regiões temperadas e tropicais tiveram um efeito maior sobre o tamanho de ninhada do que o local (nativo vs. introduzido). Neste caso obteve-se para o desvio residual o valor de 494,96 com 1914 graus de liberdade do resíduo. Portanto, não há *overdispersion* neste modelo, ou seja, o modelo ajustou-se bem aos dados.

Tabela 3: Análise de desvio com dados de contagem do tamanho da ninhada de *P. domesticus*. O grupo Nativo RTeN (Nativo de Região Temperada do Norte) não apareceu na tabela dos resultados porque é o intercepto do modelo. Todos os demais fatores são avaliados a partir do intercepto e diferenças significativas são apontadas a partir de um valor de $p < 0,05$.

Parâmetros	Coefficiente	Erro padrão	Estatística z	p
Interseção	1,51647	0,01693	89,588	$< 0,0001^*$
Exótico RTeN	0,04455	0,02227	2,001	$0,045416^*$
Exótico RTeS	-0,08573	0,06808	-1,259	0,0207920
Nativo RTr	-0,25370	0,06535	-3,882	$0,000104^*$
Exótico RTr	-0,30008	0,11239	-2,670	$0,007587^*$

Tabela 4: Análise *post hoc* com dados de contagem do tamanho da ninhada de *P. domesticus* utilizada para detectar as diferenças entre grupos. Diferenças significativas são apontadas a partir de um valor de $p < 0,05$.

Comparações entre grupos	Coef.	Erro padrão	Estatística z	Valor – p
Nativo RTeN – Exótico RTeN	0,04455	0,02227	2,001	0,2276
Nativo RTeN – Exótico RTeS	-0,08573	0,06808	-1,259	0,6765
Exótico RTeS – Exótico RTeN	-0,13028	0,06751	-1,930	0,2608
Nativo RTeN – Nativo RTr	-0,25370	0,06535	-3,882	<0,001 ***
Nativo RTr – Exótico RTeN	-0,29825	0,06476	-4,606	<0,001 ***
Nativo RTeN – Exótico RTr	-0,30008	0,11239	-2,670	0,0468*
Exótico RTeN – Exótico RTr	-0,34463	0,11205	-3,076	0,0140 *
Nativo RTr – Exótico RTeS	-0,16797	0,09128	-1,840	0,3066
Exótico RTeS – Exótico RTr	-0,21435	0,12920	-1,659	0,4123
Nativo RTr – Exótico RTr	-0,04638	0,12779	-0,363	0,9954

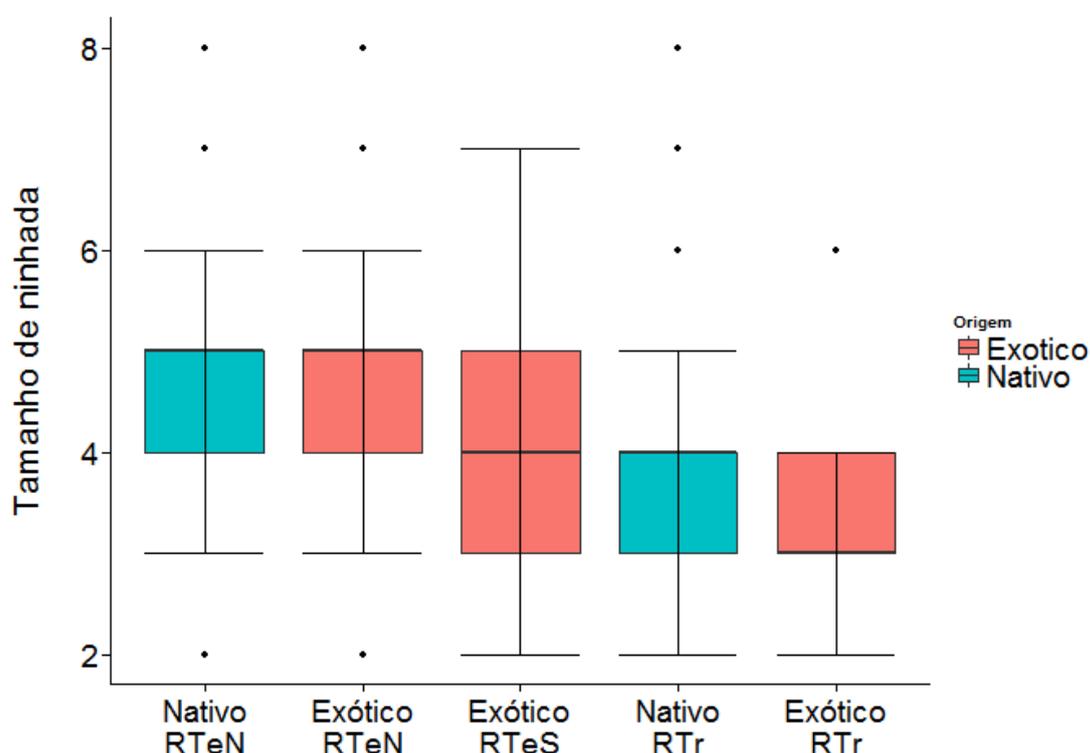


Figura 4: Boxplot apresentando a mediana do tamanho de ninhada nas regiões onde *P. domesticus* é exótico e onde é nativo, em três diferentes amplitudes climáticas: região temperada do norte (RTN), região tropical (RT) e região temperada do sul (RTS). As hastes inferiores e superiores representam os limites dos quartis; pontos pretos são valores atípicos (*outliers*).

Padrões geográficos dos parâmetros reprodutivos

A Análise de Regressão que teve como variável resposta o tamanho de ninhada, revelou a presença de um gradiente latitudinal apenas no hemisfério norte ($p < 0,001$), em que o tamanho de ninhada aumenta da região tropical em direção ao pólo (**figura 5**). Ao ajustar um GLM com distribuição de Poisson aos dados de tamanho de ninhada do hemisfério norte, em que tamanho de ninhada foi a variável resposta e a latitude foi a variável explicativa, obteve-se para o desvio residual o valor de 496,59 com 1856 graus de liberdade do resíduo, com bom ajuste do modelo aos dados.

Já para o hemisfério sul, a Análise de Regressão com erros de Poisson (GLM) revelou que a variável resposta tamanho de ninhada não apresenta um padrão de diferença significativa ($p = 0,734$) (**figura 5**). Ao ajustar um GLM com distribuição de Poisson aos dados de tamanho de ninhada, obteve-se para o desvio residual o valor de 20,204 com 59 graus de liberdade, com bom ajuste do modelo aos dados. Portanto, não existe uma tendência significativa entre tamanho de ninhada e a latitude no hemisfério sul.

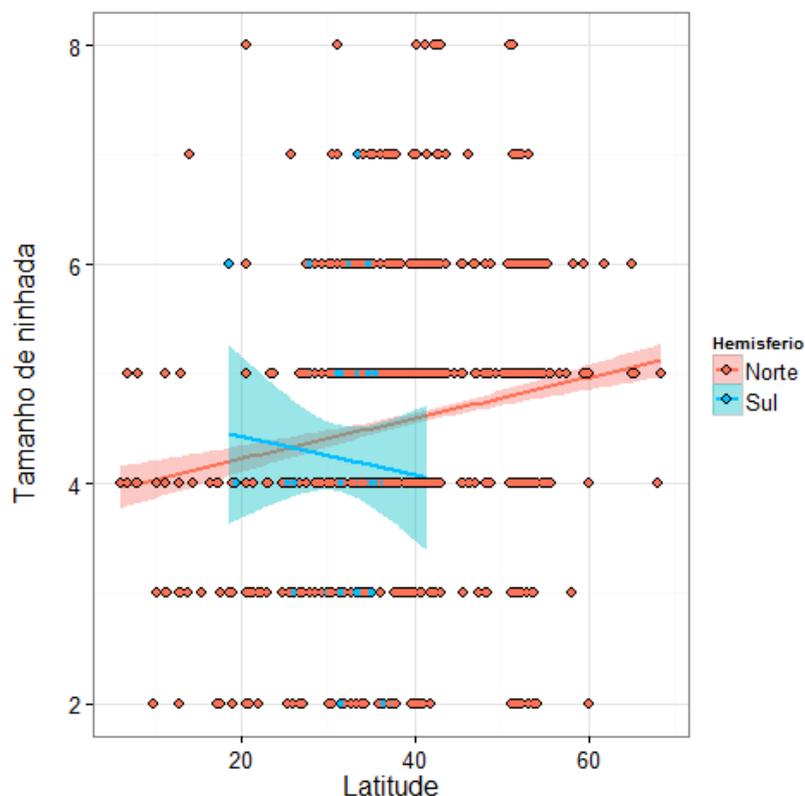


Figura 5: Análises de Regressão (com seus respectivos intervalos de confiança) ilustrando padrões geográficos de tamanho de ninhada em relação à latitude. A cor vermelha representa registros do hemisfério norte e a cor azul representa registros do hemisfério sul.

Em seguida, para verificar a existência de padrões geográficos de data da postura, para cada hemisfério foram ajustadas duas Análises de Regressão com dados de contagem em que a data da postura (calculada a partir da contagem de dias após o início da primavera naquele hemisfério) foi a variável resposta, e a variável explicativa foi o valor absoluto da latitude. Porém, para os dois hemisférios os modelos apontaram *overdispersion*. Antes de chegar a uma conclusão foi necessário ajustar os modelos novamente, compensando a *overdispersion*, a partir da função *quasiPoisson*. Ao ajustar ambos os modelos novamente, porém, com a função de *quasiPoisson*, os modelos se ajustaram bem aos dados e as tendências continuaram significativas. As Análises de Regressão ajustadas para os dois hemisférios revelaram um gradiente latitudinal descendente para a variável resposta dias em relação à latitude ($p < 0,0001$) (**Figura 6a e 6b**). A dispersão dos registros na figura 6a, nas latitudes próximas à região equatorial (0 a 20°) revela que para o hemisfério norte, o pardal reproduz ao longo do ano inteiro: há registros reprodutivos do princípio da primavera ao final do inverno. Entretanto, ao afastar da região equatorial em direção ao pólos, o período de reprodução diminui e os indivíduos passam a reproduzir de forma geral apenas na primavera e verão, com poucos indivíduos reproduzindo no inverno (*outliers*). Este mesmo padrão não pôde ser observado de forma tão evidente para o hemisfério sul, possivelmente devido aos poucos registros obtidos na região tropical. Esta tendência latitudinal de data da postura, em que a data da postura diminui com o aumento da latitude, revela que próximo do pólos, o período reprodutivo do *P. domesticus* se limita geralmente à primavera e ao verão.

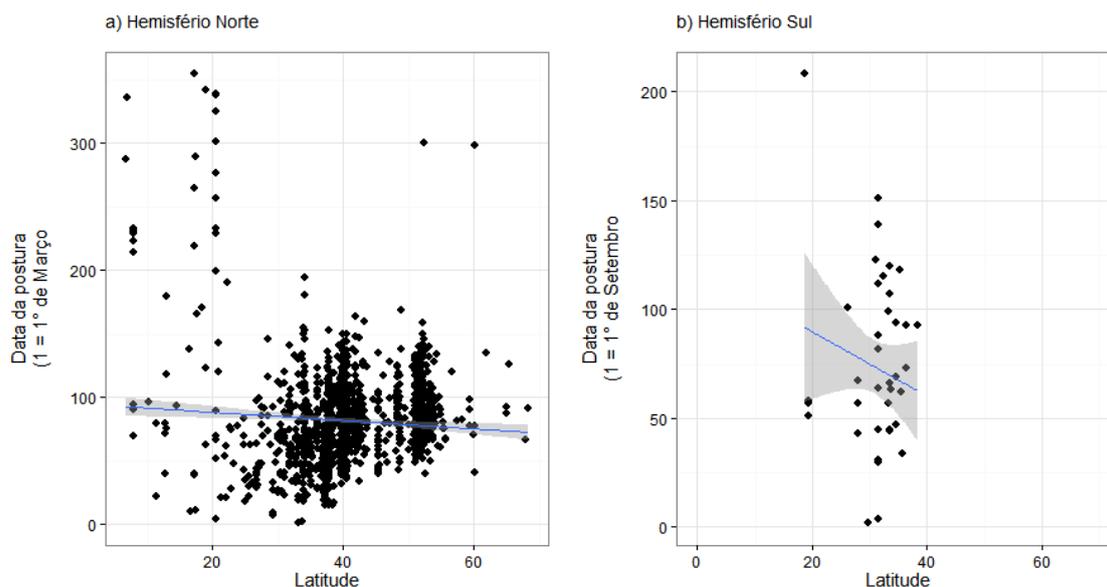


Figura 6: Análises de Regressão ilustrando padrões geográficos de data da postura (contagem de dias após o início da primavera naquele hemisfério) em relação à latitude. A linha azul representa uma relação significativa encontrada nos registros do hemisfério norte e hemisfério sul, em que a data média da postura varia com a latitude.

O papel de ser exótico ou nativo sobre os parâmetros reprodutivos da espécie

A Análise de Covariância (GLM), em que tamanho de ninhada foi a variável resposta, e a origem (uma variável categórica com dois níveis) e a latitude (uma variável contínua) foram as variáveis explicativas, revelou que para os registros do hemisfério norte, a latitude tem efeito no tamanho de ninhada ($p=0,006$), porém, a origem não tem efeito no tamanho de ninhada ($p=0,486$). Além disso, a relação encontrada entre o tamanho de ninhada e a latitude não depende da origem ($p=0,203$) (desvio residual = 503,30; graus de liberdade do resíduo = 1915). Ou seja, existe um padrão latitudinal do tamanho de ninhada do pardal, que independe se os indivíduos são nativos ou exóticos (**figura 7**). Diferentemente do hemisfério norte, no hemisfério sul só há registros exóticos do *P. domesticus* e, portanto, a Análise de Covariância só foi feita para os dados do hemisfério norte. Também não foi possível compreender a relação entre local (ser nativo ou não) e o gradiente latitudinal de data da postura, devido à baixa quantidade de registros deste parâmetro reprodutivo próximos à linha do equador, o que poderia induzir a um resultado que não condiz com a realidade biológica dos dados.

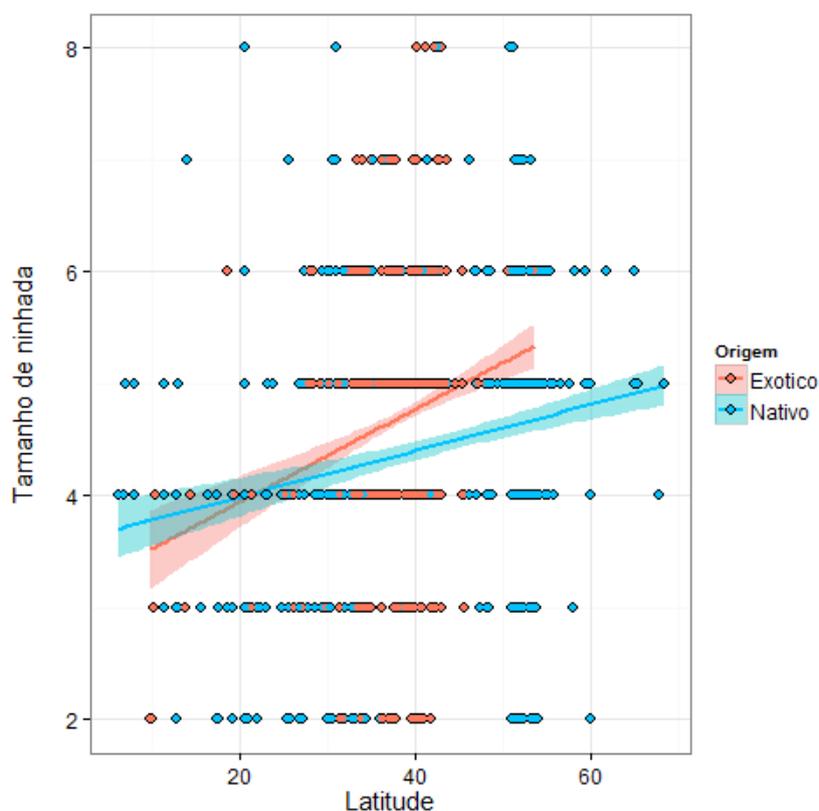


Figura 7: Análise de Covariância para os registros do hemisfério norte, ilustrando que independente da origem (exótica/nativa) há uma relação significativa entre tamanho de ninhada e a latitude. A cor vermelha representa registros exóticos e a cor azul representa registros nativos.

DISCUSSÃO

Muitos estudos a cerca de padrões geográficos nos traços da história de vida usam a latitude como substituto do clima na análise dos dados (Davenport and Hossack 2016). Neste trabalho, assim como para muitas outras espécies, o tamanho de ninhada de *P. domesticus* para os registros do hemisfério norte, aumentou com a latitude e este resultado está de acordo com estudos anteriores. De fato, pesquisas realizadas com uma espécie e entre grupos de espécies aparentadas, têm estabelecido que o tamanho de ninhada médio tende a aumentar dos trópicos em direção aos pólos (Lack 1947; Samaš et al. 2013). Assumindo que as ninhadas encontradas se tratavam de ninhadas completas, uma pesquisa realizada em Israel com *P. domesticus*, apontou um tamanho de ninhada médio de 5,05 ovos, com um tamanho de ninhada mais comum igual a cinco (43,6%), sendo que ninhadas de seis ovos apresentaram o maior sucesso reprodutivo (Singer and Yom-Tov 1988). Um tamanho médio de ninhada semelhante, de 5 ovos, foi encontrado em Alberta, no Canadá

(Murphy 1978). Em Nova York, Estados Unidos, ninhadas apresentaram um valor médio de 4,7 ovos (Weaver 1943). Em latitudes mais inferiores, foi encontrado um tamanho de ninhada médio de três ovos em El Salvador (n = 22 ninhadas) (Thurber 1986) e um tamanho de ninhada médio de dois ovos (n = 6 ninhadas) na Costa Rica (Fleischer 1982). Porém, é possível que o baixo número de registros encontrados na região tropical localizada no hemisfério sul, possa ter interferido nos resultados para este hemisfério, prejudicando a detecção de um padrão latitudinal nítido de tamanho de ninhada.

O tamanho de ninhada varia de diferentes maneiras e dentre os fatores que potencialmente o afetam estão: a latitude, elevação, sazonalidade, disponibilidade de alimento e de locais para ninhos, idade da fêmea, data da postura dentro da estação reprodutiva (Winkler 2001) e interações interespecíficas como competição (Cody 1966) e predação (Ricklefs 1970). São várias as hipóteses que tentam explicar a variação no tamanho da ninhada (Stearns 1976). Uma das mais amplamente aceitas é a hipótese da sazonalidade de Ashmole (1963), proposta novamente anos mais tarde por Ricklefs (1980). A “hipótese de Ashmole” original alega que a mortalidade nos ambientes sazonais devido à baixa disponibilidade de alimento no inverno, reduz a população a um número abaixo do que o ambiente suportaria na próxima estação reprodutiva; a baixa competição intraespecífica faz com que haja uma maior disponibilidade de alimento *per capita*, favorecendo assim maiores tamanhos de ninhada (Ashmole 1963). Já Ricklefs (1980) propõe que o inverno rigoroso e a luz solar limitada perto dos pólos, restringem a disponibilidade de insetos e o crescimento das plantas, favorecendo a migração de aves e a entrada de muitos insetos, dentre eles os predadores de sementes, em um estado de inatividade; com o retorno da primavera, plantas e animais retornam às suas atividades e desenvolvimento normal, o que resulta em maior quantidade de alimento para aves que reproduzem nas regiões polares em comparação às que reproduzem nas regiões tropicais. De fato, o que ambos os autores apontam é que a maior disponibilidade de recursos no começo da estação reprodutiva favorece um maior tamanho de ninhada nas regiões polares e nas temperadas, em comparação às regiões tropicais.

Sobre o período reprodutivo de *P. domesticus*, foi encontrado um gradiente latitudinal para os registros do hemisfério norte em que a data da

postura a princípio diminuiu com o aumento da latitude e em seguida se estabilizou. Um gradiente latitudinal na data da postura de *P. domesticus* também foi encontrado em uma pesquisa feita por Chastel et al. (2003), porém, com um tamanho amostral ($n = 10$) aproximadamente 200 vezes inferior ao utilizado neste estudo. Basicamente o que ocorre é que nas latitudes próximas à região equatorial o número de indivíduos reproduzindo ao longo do ano inteiro é maior, e à medida que se afasta da região equatorial em direção aos pólos, a reprodução torna-se circunscrita a uma amplitude temporal cada vez menor, e os indivíduos passam a reproduzir de forma geral apenas na primavera e verão, com poucos indivíduos reproduzindo no inverno (*outliers*). A duração do período reprodutivo de *P. domesticus* foi melhor que no geral, visto que a maioria das aves apresentam um período reprodutivo limitado a aproximadamente três meses nas zonas temperadas e podendo estender-se até seis meses nas regiões tropicais (Winkler 2001).

Assim, o resultado encontrado neste estudo mostra que ao se afastar da região equatorial em direção aos pólos, os indivíduos se reproduzem mais sazonalmente (Winkler 2001). Como já referido, sabe-se que a reprodução sazonal varia de um ambiente para outro e que as respostas relacionadas ao fotoperíodo diferem entre populações de aves localizadas em latitudes diferentes (Gwinner and Scheuerlein 1999). Sobre os fatores que influenciam o início do período reprodutivo das aves, comprimento do dia (fotoperíodo) e disponibilidade de alimento invariavelmente estão entre os mais importantes (Lack 1947). As variações encontradas nos diferentes aspectos do período reprodutivo podem ocorrer entre grupos de espécies diferentes (Winkler 2001) e entre populações da mesma espécie (Hengeveld 1994). Por exemplo, no caso de *P. domesticus*, quanto à incubação, um estudo realizado em Israel apontou que a duração média do período de incubação diminuiu com o aumento na temperatura do ambiente: o aumento de 1°C na temperatura do ar diminuiu a duração da incubação em 0,2 dias (Singer and Yom-Tov 1988). Sobre a data da postura, um estudo realizado por (Hengeveld 1994) apontou que *P. domesticus* reproduz apenas sazonalmente na Inglaterra, porém, há também registros de reprodução contínua ao longo de todo ano em algumas localidades onde a espécie foi introduzida. Outro estudo apontou que o início da estação reprodutiva de *P. domesticus* na Costa Rica é em janeiro e se

estende até agosto (Reynolds and Stiles 1982; Baker 1995). Todavia, em Ithaca, New York, a estação reprodutiva do pardal começa no final de março e vai até o começo de agosto (Weaver 1943). Importante ressaltar que o gradiente latitudinal de data da postura encontrado no hemisfério sul, não pôde ser observado de forma tão evidente quanto o encontrado no hemisfério norte, possivelmente devido aos poucos registros coletados na região tropical, para este hemisfério.

Porém, mais do que encontrar um padrão geográfico de tamanho de ninhada e data da postura, o objetivo deste estudo foi compreender se o fato de ser nativo ou exótico em um ambiente, de alguma forma influencia nos padrões encontrados nos parâmetros reprodutivos das espécies. A introdução de espécies é um problema recorrente e o ajustamento das mesmas a novos ambientes tem sido estudado em um contexto ecológico, evolutivo e conservacionista (Williams 1966). Sobre as possíveis adaptações que uma espécie exótica cumpre para assim se estabelecer no novo ambiente, neste estudo limitamos nossa atenção às adaptações reprodutivas.

Ao chegarem a um novo ambiente as espécies exóticas podem manter seu nicho (nichos conservador) ou elas podem mudá-lo (plasticidade de nicho) (Sanz-Aguilar et al. 2015), sendo que na maioria das vezes tornam-se competidores superiores muito bem sucedidos, por serem capazes de explorar uma ampla gama de condições abióticas (Lodge 1993) e também por serem menos predadas do que as espécies nativas (King 1984). Um estudo realizado na Nova Zelândia apontou que, nos últimos anos, enquanto muitas aves nativas foram extintas devido à introdução de espécies exóticas no país (Holdaway 1999), aves europeias introduzidas na Nova Zelândia coevoluíram com predadores nativos do país (King 1984).

Sobre as adaptações reprodutivas de organismos exóticos, Lack (1947) sugeriu que para algumas espécies o tamanho de ninhada pode modificar de um ambiente natural para um introduzido, sendo que as ninhadas maiores nos anos iniciais de introdução podem estar correlacionadas com uma maior disponibilidade de alimento enquanto a espécie ainda é rara. Assim, é possível que as menores taxas de competição e de predação dos organismos quando os mesmos vão para um habitat onde são exóticos, favoreçam mudanças no tamanho de ninhada, porém, neste estudo, ser exótico ou nativo não interferiu

no tamanho de ninhada do *P. domesticus*. A análise *post hoc* mostrou que o tamanho de ninhada foi semelhante entre regiões temperadas nativas e introduzidas, assim como entre regiões tropicais nativas e introduzidas. Além disso, a análise de covariância apontou a existência de um padrão latitudinal de tamanho de ninhada no hemisfério norte que independe da espécie ser exótica ou nativa. Baseando-se nos resultados obtidos, é possível concluir que para *P. domesticus*, fatores climáticos possivelmente estão definindo muito mais as regras na variação do tamanho de ninhada, do que acontecimentos locais como os direcionados pelas interações bióticas.

Estudos também verificaram modificações no período reprodutivo: segundo Miller (1965) passeriformes que apresentam reprodução contínua em áreas da Colômbia onde são nativos, quando introduzidos nos Estados Unidos passaram a apresentar uma reprodução sazonal enquanto que passeriformes nativos do Reino Unido aumentaram a duração da estação reprodutiva quando introduzidos para a Nova Zelândia (Evans et al. 2005). Porém, não foi possível avaliar o efeito da origem sobre a data da postura e sobre o gradiente latitudinal de data da postura encontrado, visto que foram obtidos poucos registros da região tropical para ambos os hemisférios. O esforço de pesquisa distribuído de forma desigual entre países é um problema que atinge a pesquisa ornitológica (James 1987), e foi um fator limitante para este estudo.

Apesar da obtenção de milhares de registros nas coleções de MHN, do total de registros de tamanho de ninhada e data da postura obtidos nesta pesquisa para *P. domesticus*, apenas 3% pertencem ao hemisfério sul. Os países que mais apresentaram registros de tamanho de ninhada e data da postura foram os Estados Unidos e a Inglaterra, detendo juntos o equivalente a 70% dos registros obtidos para ambos os parâmetros reprodutivos. Os resultados obtidos neste trabalho corroboram com estudos anteriores. Para o continente americano, um estudo feito por James (1987) revelou uma quantidade desproporcionalmente menor de pesquisas conduzidas na América Central e na América do Sul, quando comparadas à América do Norte, e as razões para este fato podem ser inúmeras, dentre elas a falta de acesso a pesquisas, instabilidade política e economia irregular.

CONCLUSÃO

O sucesso reprodutivo das aves depende de uma série de fatores e está estritamente relacionado com o momento que as aves irão reproduzir, onde irão reproduzir, bem como a amplitude de esforço investido em cada uma das etapas do ciclo reprodutivo. Visto desta forma, o tamanho de ninhada e a data da postura são apenas uma pequena porção dos ajustes feitos pelos pais para garantir o sucesso reprodutivo.

O amplo histórico de invasão do *P. domesticus* no mundo sugere que esta espécie possua inúmeras estratégias reprodutivas que a faz ser tão bem sucedida em termos de invasão, e isso reforça a necessidade de não subestimá-la.

Apesar de este trabalho apresentar uma quantidade de registros nunca observada em estudos anteriores sobre parâmetros reprodutivos de *P. domesticus*, a ausência de registros do hemisfério sul, principalmente das regiões tropicais, foi um fator muito limitante para as conclusões deste estudo. Sobre a data da postura, não foi possível testar o efeito da origem sobre esta variável resposta, em função da pouca quantidade de registros obtidos das regiões tropicais. Mesmo que durante a revisão tenham sido encontrados estudos realizados no hemisfério sul, e especificamente na região tropical, são raros os pesquisadores que disponibilizam os registros detalhados de campo, limitando-se apenas a apresentar valores médios regionais. Sugerimos, desta forma, que pesquisadores disponibilizem seus registros obtidos no campo com o detalhamento necessário para que estes dados possam ser utilizados em outros estudos, em especial trabalhos de revisão e metanálise.

Sobre o tamanho da ninhada, sabe-se que este varia em função de diversos fatores e que gradientes geográficos de tamanho de ninhada podem ser mantidos pela seleção natural. A recente introdução da espécie em vários países e a rápida modificação nos parâmetros reprodutivos sugerem que a variação no tamanho de ninhada para esta espécie, pode ser decorrente de fatores ambientais aliados a uma plasticidade muito grande dos organismos. Foi possível concluir que para tamanho de ninhada, as diferenças climáticas entre regiões temperadas e tropicais tiveram um efeito maior sobre o tamanho de ninhada do que o local (nativo vs. introduzido).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson TR (2006) Biology of the ubiquitous house sparrow: from genes to populations. Oxford University Press, New York
- Ashmole NP (1963) The regulation of numbers of tropical oceanic birds. *Ibis* 103b:458–473
- Baker M (1995) Environmental component of latitudinal clutch-size variation in house sparrows (*Passer domesticus*). *The Auk* 112:249–252
- Balthazart J (1983) Hormonal correlates of behavior. In: Farner DS, King JR, Parkes KC (eds) *Avian Biology*. Academic Press, New York, pp 221–365
- Barrows WB (1889) The english sparrow (*Passer domesticus*) in North America, especially in its relations to agriculture. *Bulletin of the U. S. Department of Agriculture*
- Bird Life International (2015) *Passer domesticus*. IUCN Red List Threat. Species. <http://www.iucnredlist.org/details/103818789/0>. Accessed 1 Jun 2015
- Blackburn TM, Pyšek P, Bacher S, et al (2011) A proposed unified framework for biological invasions. *Trends Ecol Evol* 26:333–339
- Bonier F, Martin PR, Wingfield JC (2007) Urban birds have broader environmental tolerance. *Biol Lett* 3:670–673
- Borges SH, Pacheco JF, Whittaker A (1996) New records of the house sparrow (*Passer domesticus*) in the Brazilian Amazon. *Ararajuba* 4:116 – 117
- Bruce M (2003) A brief history of classifying birds. In: del Hoyo J, Elliott A, Christie DA (eds) *Handbook of the birds of the world. Broadbills to Tapaculos*. Lynx Edicions, Barcelona, pp 11–43
- Butchart SHM, Walpole M, Collen B, et al (2010) Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science* 328:1164–1168
- Case TJ (1996) Global patterns in the establishment and distribution of exotic birds. *Biol Conserv* 78:69–96
- Chace JF, Walsh JJ (2006) Urban effects on native avifauna: a review. *Landsc Urban Plan* 74:46–69
- Chastel O, Lacroix A, Kersten M (2003) Pre-breeding energy requirements: thyroid hormone, metabolism and the timing of reproduction in house sparrows *Passer domesticus*. *J Avian Biol* 34:298–306
- Cody ML (1966) A general theory of clutch size. *Evolution* 20:174–184

- Crawley MJ (2013) *The R Book*. John Wiley & Sons, Chichester
- Davenport JM, Hossack BR (2016) Reevaluating geographic variation in life-history traits of a widespread Nearctic amphibian. *J Zool* 299:304–310
- del Hoyo J, Elliott A, Christie DA (eds) (2003) *Handbook of the birds of the world. Broadbills to Tapaculos*. Lynx Edicions, Barcelona
- Doherty TS, Glen AS, Nimmo DG, et al (2016) Invasive predators and global biodiversity loss. *Proc Natl Acad Sci U S A* 113:11261–11265
- Dyer MI, Pinowska J, Pinowska B (1977) Population dynamics. In: Pinowski J, Kendeigh SC (eds) *Granivorous birds in ecosystems: their evolution, populations, energetics, adaptations, impact and control*. Cambridge University Press, New York, pp 53–106
- Evans KL, Duncan RP, Blackburn TM, Crick HQP (2005) Investigating geographical variation in clutch size using a natural experiment. *Funct Ecol* 19:616–624
- Fleischer RC (1982) Clutch size in Costa Rican House Sparrows. *J F Ornithol* 53:280–281
- Gibson L, Lynam AJ, Bradshaw CJA, et al (2013) Near-complete extinction of native small mammal fauna 25 years after forest fragmentation. *Science* 341:1508–1510
- Glazier DS (1980) Ecological shifts and the evolution of geographically restricted species of North American *Peromyscus* (Mice). *J Biogeogr* 7:63–83
- Gienapp P, Bregnballe T (2012) Fitness consequences of timing of migration and breeding in Cormorants. *PLoS One*. doi: 10.1371/journal.pone.0046165
- Guo Q (2006) Intercontinental biotic invasions: what can we learn from native populations and habitats? *Biol Invasions* 8:1451–1459
- Gwinner E, Scheuerlein A (1999) Photoperiodic responsiveness of equatorial and temperate-zone stonechats. *Condor* 101:347–359
- Hau M (2001) Timing of breeding in variable environments: tropical birds as model systems. *Horm Behav* 40:281–290
- Hengeveld R (1994) Small-step invasion research. *Trends Ecol Evol* 9:339–342
- Heming NM, Greeney HF, Marini MÂ (2013) Breeding biology research and data availability for new world Flycatchers. *Nat Conserv* 11:54–58
- Holdaway RN (1999) Introduced predators and avifaunal extinctions in New

- Zealand. In: MacPhee RDE (ed) Extinctions in near time: causes, contexts and consequences. Springer US, New York, pp 189–238
- Holt RD, Barfield M, Gomulkiewicz R (2005) Theories of niche conservatism and evolution: could exotic species be potential tests? In: Sax DF, Stachowicz JJ, Gaines MS (eds) Species invasions: insights into ecology, evolution, and biogeography. Sinauer Associates, Sunderland, pp 259–290
- IUCN (2016) Extinct Passeriformes: search results. IUCN Red List. <http://www.iucnredlist.org/search/link/5874e4e4-1b23b341>. Accessed 9 Aug 2016
- James PC (1987) Ornithology in Central and South America. Auk 104:348–349
- Jeschke JM, Strayer DL, Carpenter SR (2005) Invasion success of vertebrates in Europe and North America. Proc Natl Acad Sci U S A 102:7198–7202
- Johnston RF, Klitz WJ (1977) Variation and evolution in a granivorous bird: the house sparrow. In: Pinowski J, Kendeigh SC (eds) Granivorous birds in ecosystems. Cambridge University Press, Cambridge, pp 15–51
- Johnston RF, Selander RK (1973) Evolution in the house sparrow. III. Variation in size and sexual dimorphism in Europe and North and South America. Am Nat 107:373–390
- King CM (1984) Immigrant killers: introduced predators and the conservation of birds in New Zealand. Oxford University Press, Oxford
- Klomp H (1970) The determination of clutch-size in birds a review. Ardea 58:1–124
- Lack D (1968) Ecological adaptations for breeding in birds. The Auk 86:774–777
- Lack D (1947) The significance of clutch-size. Ibis 89:302–352
- Latini AO, Resende DC, Pombo VB, Coradin L (eds) (2016) Espécies Exóticas Invasoras de Águas Continentais no Brasil. Ministério do Meio Ambiente, Brasília
- Lima MR, Macedo RHF, Martins TLF, et al (2012) Genetic and morphometric divergence of an invasive bird: the introduced house sparrow (*Passer domesticus*) in Brazil. PLoS One 7:1–13
- Lodge DM (1993) Biological invasions: lessons for ecology. Trends Ecol Evol 8:133–137
- Long JL (1981) Introduced birds of the world: the worldwide history, distribution and influence of birds introduced to new environments. David & Charles, London

- Martin-Albarracin VL, Amico GC, Simberloff D, Nuñez MA (2015) Impact of non-native birds on native ecosystems: a global analysis. *PLoS One* 10:1–14
- MacGregor-Fors I, Morales-Pérez L, Quesada J, Schondube JE (2010) Relationship between the presence of House Sparrows (*Passer domesticus*) and neotropical bird community structure and diversity. *Biol Invasions* 12:87–96
- McGowan KJ (2001) The World of Birds. In: Podulka S, Rohrbaugh Jr R, Bonney R (eds) *Handbook of Bird Biology*, 2nd edn. The Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, pp 1–113
- Miller AH (1965) Capacity for photoperiodic response and endogenous factors in the reproductive cycles of an equatorial sparrow. *Proc Natl Acad Sci U S A* 54:97–101
- Moreau RE (1944) Clutch size: a comparative study, with special reference to african birds. *Ibis* 86:286–347
- Murphy EC (1978) Breeding ecology of house sparrows: spatial variation. *Condor* 80:180–193
- Palmer TS (1898) The danger of introducing noxious animals and birds. *Yearbook of the United States Department of Agriculture*, pp 87-110. Government Printing Office, Washington, DC
- Reynolds J, Stiles FG (1982) Distribución y densidad de poblaciones del gorrión común (*Passer domesticus*; Aves: Ploceidae) en Costa Rica. *Rev Biol Trop* 30:65–71
- Ricklefs RE (1970) Clutch size in birds : outcome of opposing predator and prey adaptations. *Science* 168:599–600
- Ricklefs RE (2000) Density dependence, evolutionary optimization, and the diversification of avian life histories. *Condor* 102:9–22
- Ricklefs RE (1980) Geographical variation in clutch size among passerine birds: Ashmole's hypothesis. *The Auk* 97:38–49
- Ricklefs RE, Wilkelski M (2002) The physiology/life history nexus. *Trends Ecol Evol* 17:462–468
- Ringsby TH, Saether B-E, Solberg EJ (1998) Factors affecting juvenile survival in house sparrow *Passer domesticus*. *J. Avian Biol.* 29:241–247
- Samaš P, Grim T, Hauber ME, et al (2013) Ecological predictors of reduced avian reproductive investment in the southern hemisphere. *Ecography* 36:809–818
- Sanz-Aguilar A, Carrete M, Edelaar P, et al (2015) The empty temporal niche:

- breeding phenology differs between coexisting native and invasive birds. *Biol Invasions* 17:3275–3288
- Seel DC (1968) Clutch-size, incubation and hatching success in the house sparrow and tree pparrow *Passer SPP.* at Oxford. *Ibis* 110:270–282
- Sick H (1959) A invasão da América Latina pelo pardal, *Passer domesticus* Linnaeus 1758, com referência especial ao Brasil (Ploceidae, Aves). *Bol do Mus Nac* 1–31
- Sick H (1997) *Ornitologia Brasileira*. Nova Fronteira, Rio de Janeiro
- Silva J, Oren D (1990) Introduced and invading birds in Belém, Brazil. *Wilson J Ornithol* 102:309–313
- Simberloff D (2009) The role of propagule pressure in biological invasions. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 40:81–102
- Singer R, Yom-Tov Y (1988) The breeding biology of the house sparrow *Passer domesticus* in Israel. *Ornis Scand* 19:139–144
- Skutch AF (1949) Do tropical birds rear as many young as they can nourish? *Ibis* 91:430–455
- Smith NJH (1980) Further advances of house sparrows into the Brazilian Amazon. *Condor* 82:109–111
- Smith NJH (1973) House sparrows (*Passer domesticus*) in the Amazon. *Condor* 75:242–243
- Sol D, Maspons J, Vall-Ilosera M, et al (2012) Unraveling the life history of successful invaders. *Science* 337:580–583
- Stearns SC (1976) Life-history tactics: a review of the ideas. *Q Rev Biol* 51:3–47
- Suarez A V, Tsutsui ND (2008) The evolutionary consequences of biological invasions. *Mol Ecol* 17:351–360
- Summers-Smith D, Christie DA, Garcia EFJ (2016) House Sparrow (*Passer domesticus*). In: del Hoyo J, Elliott A, Sargatal J, et al. (eds) *Handbook of the Birds of the World Alive*. Lynx Edicions, Barcelona
- Thurber WA (1986) Range expansion of the House Sparrow through Guatemala and El Salvador. *Am Birds* 40:341–351
- Urban MC (2015) Accelerating extinction risk from climate change. *Science* 348:571–573
- Weaver RL (1943) Reproduction in english sparrows. *The Auk* 60:62–74

Williams GC (1966) *Adaptation and natural selection : a critique of some current evolutionary thought*. Princeton University Press, Princeton

Winkler DW (2001) Nests, eggs, and young: breeding biology of birds. In: Podulka S, Rohrbaugh Jr R, Bonney R (eds) *Handbook of Bird Biology*, 2nd edn. The Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, pp 1–152