

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA**

**EZEQUIEL PEDÓ**

**PORCOS FERAIS E COBERTURA DA TERRA NO NORDESTE DO  
PANTANAL, BRASIL: MUDANÇAS NA FORMA DE USO  
COMO CONTROLE DE INVASÃO**

**Porto Alegre**

**2020**

**EZEQUIEL PEDÓ**

**PORCOS FERAIS E COBERTURA DA TERRA NO NORDESTE DO  
PANTANAL, BRASIL: MUDANÇAS NA FORMA DE USO  
COMO CONTROLE DE INVASÃO**

Tese apresentada como requisito parcial para  
obtenção do título de Doutor em Ciências  
com ênfase em Ecologia na Universidade  
Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Flamarion  
Barbosa de Oliveira

**Porto Alegre**

**2020**

### CIP - Catalogação na Publicação

Pedó, Ezequiel

Porcos ferais e cobertura da terra no nordeste do Pantanal, Brasil: mudanças na forma de uso como controle de invasão / Ezequiel Pedó. -- 2020.

63 f.

Orientador: Luiz Flamarion Barbosa de Oliveira.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Porto Alegre, BR-RS, 2020.

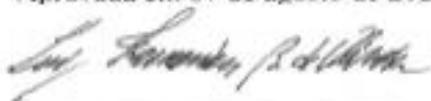
1. espécie invasora. 2. Sus scrofa. 3. modelo de ocupação de sítios. 4. escala de efeito. 5. detecção imperfeita. I. Oliveira, Luiz Flamarion Barbosa de, orient. II. Título.

Ezequiel Pedó

**PORCOS FERAIS E COBERTURA DA TERRA NO NORDESTE DO  
PANTANAL, BRASIL: MUDANÇAS NA FORMA DE USO  
COMO CONTROLE DE INVASÃO**

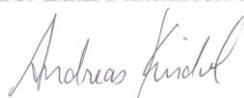
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Aprovada em 07 de agosto de 2020.



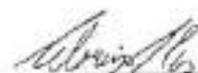
---

Prof. Dr. Luiz Flamarion Barbosa de Oliveira – Orientador



---

Prof. Dr. Andreas Kindel – UERGS



---

Dr<sup>a</sup>. Clarissa Alves da Rosa – INPA



---

Dr. Jan Karel Felix Masler Junior – SEMA/RS

À Mariana, com todo o meu amor.

## AGRADECIMENTOS

Chegar até aqui não foi fácil. Um ciclo que finalmente se encerra, de muito aprendizado. E só tenho muito a agradecer.

Inicialmente aos meus pais, Liane e Deoclides, pelo amor e apoio sempre incondicionais. Em especial à minha mãe, que se preocupou à distância com o doutorado que não acaba mais.

Ao Prof. Luiz Flamarion Barbosa de Oliveira, por ter me dado a honra de me orientar e por todo o apoio e atenção, até o último momento.

Ao Igor Petizo Pfeifer Coelho, minha especial gratidão pela amizade, pelo convite para fazer parte do grupo e por toda generosidade com que me ensinou e apontou caminhos.

Ao Gabriel Chancho Hofmann, pelo apoio no início do doutorado.

Aos funcionários da RPPN Sesc Pantanal, por terem ajudado a viabilizar o trabalho de campo.

À Júlia Beduski e Ramonna Oliveira, pelo auxílio na triagem das fotos de porcos-monteiros nas armadilhas fotográficas.

Ao Juan Rodriguez, Ismael Brack e José Luis Passos Cordeiro, pelo convívio durante o campo no Pantanal, em novembro de 2016.

Aos professores, colegas e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ecologia da UFRGS, por possibilitar essa rica experiência junto a vocês, desde o final da década de 90.

Aos professores Andreas Kindel, Demetrio L. Guadagnin e Fernando G. Becker pela disponibilização de tempo e conhecimento na banca de qualificação.

À Prof<sup>a</sup>. Sandra M. Hartz por todo o apoio na minha formação, vínculo que começou com a oportunidade de realizar a minha iniciação científica e o mestrado junto ao seu grupo de pesquisa.

Ao Núcleo de Ecologia de Rodovias e Ferrovias da UFRGS e em especial ao Prof. Andreas Kindel, uma referência que sempre se dedicou a ampliar o horizonte dos estudantes de graduação, pelo convívio durante cerca de um ano e meio, e pelo empréstimo do Tiger para as análises que pareciam nunca terminar.

Ao IBAMA, pelo suporte financeiro e por tornar possível a minha participação no curso de doutorado.

E principalmente à Mariana, que está ao meu lado em todos os momentos.

## RESUMO

O porco feral (*Sus scrofa*) é uma espécie invasora de origem eurasiânica, com diversos efeitos para o meio ambiente, economia e saúde pública. Mesmo com ações de controle, vem expandindo globalmente sua área de ocorrência. Esta tese tem como objetivos: (1) avaliar o efeito da cobertura e do tipo de uso da terra sobre a ocorrência de porcos ferais no nordeste do Pantanal, região dominada pela pecuária e modificada pela criação de uma reserva (RPPN Sesc Pantanal) em 1997; e (2) discutir as ações de controle da espécie no país, propondo soluções baseadas em diagnóstico prévio de variáveis que expliquem a ocorrência de porcos ferais em escala regional. Entre os anos de 2010 e 2012, obtivemos 577 registros da espécie em 355 sítios com armadilhas fotográficas na Reserva e no seu entorno. Com modelos de ocupação de sítios, avaliamos a relação entre a ocorrência do porco feral e oito classes de cobertura medidas em sua escala de efeito e o uso da terra (Reserva X não Reserva) de acordo com a paisagem do ano de 2011. O modelo com menor perda de informação, considerando AICc, apontou que a ocorrência de porcos ferais está relacionada com a cobertura de pastagem em uma escala de efeito de 8.970 m e a existência da Reserva. Utilizamos esse modelo para estimar a ocorrência de porcos ferais em toda a região, para as paisagens dos anos de 1985, 1990, 1995, 1999, 2002, 2006, 2011 e 2016. Em 32 anos, as estimativas evidenciaram um aumento de 7,86 vezes na probabilidade de ocorrência da espécie na região. Contudo, dentro da Reserva, a ocorrência decresceu 21,59 vezes desde 1990, enquanto na região do seu entorno a ocorrência aumentou 9,35 vezes. A ocorrência de porcos ferais tem forte relação com a cobertura da terra (pastagem, especialmente) e com o tipo de uso (menor ocorrência na Reserva). Um possível mecanismo para a baixa ocorrência na área da Reserva pode ser a ausência de áreas-fonte. Com essas evidências, o planejamento regional do uso da terra pode ser uma importante estratégia no controle da espécie. Sugerimos que a abordagem do controle do porco feral no Brasil tenha foco em um plano de monitoramento de longo prazo, com aferição constante das variáveis que explicam a ocorrência da espécie em escala regional. Com a aferição da eficiência e dos riscos das técnicas de captura utilizadas, esperamos reduzir o caráter excessivamente esportivo que a caça de controle do porco feral apresenta no Brasil.

*Palavras chave:* espécie invasora, *Sus scrofa*, modelo de ocupação de sítios, escala de efeito, detecção imperfeita

## ABSTRACT

The feral pig (*Sus scrofa*) is an invasive species of Eurasian origin, which has several effects for the environment, economy and public health. Despite of control actions, it has been expanding its distribution globally. This thesis aims (1) to evaluate the effect of land cover and type of land use on the occurrence of feral pigs in the northeast of the Pantanal, a region dominated by livestock and modified by the establishment of a reserve (RPPN Sesc Pantanal) in 1997; and (2) to discuss the species control actions in the country, proposing solutions based on previous diagnosis of variables that explain the occurrence of feral pigs on a regional scale. Between 2010 and 2012, we obtained 577 records of the species from 355 sites with camera traps in the Reserve and its surroundings. Using site-occupancy models, we evaluated the relationship between the occurrence of the feral pig and eight land cover classes measured in its scale of effect and land use (Reserve X not Reserve), according to the landscape of the year 2011. The best model, considering AICc, pointed out that the occurrence of feral pigs is related to pasture cover on an scale of effect of 8,970 m and the existence of the Reserve into account. We used this model to estimate the occurrence of feral pigs across the region, for the landscapes of the years 1985, 1990, 1995, 1999, 2002, 2006, 2011 and 2016. In 32 years, the estimates showed a 7.86 times increase in the probability of the species occurring in the total study area. However, within the Reserve, the occurrence has decreased 21.59 times since 1990, while the occurrence has increased 9.35 times in the surrounding region. The occurrence of feral pigs has a strong relationship with land cover (especially pasture) and land use (less occurrence in the Reserve). A possible mechanism for low occurrence in the Reserve area may be the absence of source areas. This evidence points that regional planning of land use can be an important strategy for this species control. We suggest that the approach to feral pig control in Brazil should focus on a long-term monitoring plan, with constant measurement of the variables that explain the occurrence of the species on a regional scale. With the assessment of the efficiency and risks of the capture techniques, we hope to reduce the excessive sporting character of the control hunting of feral pig in Brazil.

*Key words:* invasive species, *Sus scrofa*, site-occupancy model, scale of effect, imperfect detection

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	2
LISTA DE TABELAS	3
INTRODUÇÃO GERAL	4
CAPÍTULO I	8
<b>Efeitos do uso e cobertura da terra sobre a ocorrência de porcos ferais no nordeste do Pantanal, Brasil. A mudança do uso da terra poderia controlar a invasão?</b>	
Resumo	8
Introdução	9
Material e Métodos	11
Área de estudo	11
Coleta de dados	11
Análise de dados	13
Resultados	15
Discussão	20
Agradecimentos	23
Referências Bibliográficas	24
Material Suplementar	32
CAPÍTULO II	41
<b>A invasão do porco feral (<i>Sus scrofa</i>) no Brasil: um balanço de 25 anos de controle</b>	
Resumo	41
Introdução	41
Histórico Normativo	43
Ações de Monitoramento e Controle	44
Considerações Finais	45
Agradecimentos	46
Referências Bibliográficas	46
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>52</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Porco-monteiro (*Sus scrofa*) registrado através de armadilha fotográfica na região nordeste do Pantanal. 6

Figura I.1. Mapa temático com os 355 locais amostrados com armadilhas fotográficas para registro da ocupação de porcos ferais no nordeste do Pantanal, Mato Grosso, Brasil. Classificação de cobertura da terra (ano de 2011) e limites da RPPN Sesc Pantanal na região, que também apresenta grandes fazendas de pecuária e pequenas propriedades rurais. 12

Figura I.2. Localização das armadilhas fotográficas com e sem registros de porcos ferais entre os anos de 2010 e 2012 no nordeste do Pantanal, dispostos sobre mapa temático com probabilidades estimadas de ocorrência no ano de 2011, a partir do modelo de ocupação de sítios mais plausível. 16

Figura I.3. Probabilidade de ocorrência de porcos ferais estimada para áreas dentro (linha preta) e fora (linha cinza) da RPPN Sesc (nordeste do Pantanal) e em relação ao percentual de cobertura de pastagem em um raio de 8.970 m. Estimativa gerada a partir de dados coletados entre os anos de 2010 e 2012. Intervalo de confiança de 95% em sombreado. 18

Figura I.4. Médias da probabilidade de ocorrência de porcos ferais no nordeste do Pantanal, nos anos de 1985, 1990, 1995, 1999, 2002, 2006, 2011 e 2016, geradas a partir do modelo de ocupação de sítios mais plausível para o conjunto de dados coletados entre os anos de 2010 e 2012. As linhas contínuas representam as médias; em sombreado cinza, o intervalo de confiança de 95% para toda a região; as linhas tracejadas representam os intervalos de confiança de 95% dentro e fora da área da RPPN Sesc (criada em 1997, linha vertical pontilhada). 19

Figura I.S1. Fotografias das classes de cobertura da terra da região nordeste do Pantanal. Na última, logo acima, um dos muitos reservatórios d'água construídos para dessedentação do gado (também chamados de “tanques”). 36

Figura I.S2. Mapas com as probabilidades de ocorrência de porcos ferais na região nordeste do Pantanal para o período de oito anos, gerados a partir do modelo mais plausível para o conjunto de dados de ocupação e detecção coletados com armadilhas fotográficas entre os anos de 2010 e 2012. 40

## LISTA DE TABELAS

Tabela I.1. Classificação de nove modelos de ocupação considerando o efeito de classes de cobertura da terra sobre a ocorrência de porcos ferais, a partir de dados coletados entre os anos de 2010 e 2012, na região nordeste do Pantanal. 17

Tabela I.2. Classificação de quatro modelos de ocupação de sítios considerando o efeito da cobertura (Past8970) e do uso da terra (presença ou não da RPPN Sesc) sobre a ocorrência de porcos ferais, a partir de dados coletados entre os anos de 2010 e 2012, na região nordeste do Pantanal. 18

Tabela I.S1. Classificação de quatro modelos considerando o efeito de variáveis a detecção de porcos ferais, a partir de dados coletados com armadilhas fotográficas entre os anos de 2010 e 2012, na região nordeste do Pantanal. 37

Tabela I.S2. Matriz de correlação de Pearson entre oito classes de cobertura da terra, a partir de dados de porcos ferais coletados com armadilhas fotográficas entre os anos de 2010 e 2012, na região nordeste do Pantanal. 38

Tabela I.S3. Médias das probabilidades de ocorrência de porcos ferais no nordeste do Pantanal, geradas a partir do modelo de ocupação de sítios mais plausível para o conjunto de dados de ocupação e detecção coletados com armadilhas fotográficas entre os anos de 2010 e 2012. LC = limite de confiança. 39

## INTRODUÇÃO GERAL

A invasão biológica é um novo campo da ciência tem observado um extraordinário desenvolvimento desde a década de 70 (Davis 2006). Duas abordagens tem sido reconhecidas dentro do tema. Uma, “Eltoniana”, fortemente baseada em conservação e meio ambiente, dedutiva, de efeito *top-down*, onde o esforço para aplicar a teoria ecológica e os princípios da invasão biológica deve servir para auxiliar no desenvolvimento de programas de controle e manejo para invasões específicas (vide Elton (1958). Outra, “Asilomariana” – baseada na Conferência de Asilomar, em 1964, e descrita por Baker e Stebbins (1965) – estritamente científica, indutiva, de efeito *bottom-up*, onde as colonizações/invasões individuais são examinadas para melhor informar a teoria ecológica e a compreensão do funcionamento de comunidades e populações.

Apesar de restritos a poucos táxons, estudos sobre a invasão biológica revelaram relações entre as características de lançamento/soltura e as espécies envolvidas, bem como entre o sucesso de estabelecimento e a extensão da invasão (Kolar e Lodge 2001). Onde, por exemplo, a probabilidade de uma espécie de ave se estabelecer aumenta com o número de indivíduos soltos e de eventos de soltura enquanto a probabilidade de invasão de uma planta aumenta se a própria espécie tem um histórico de invasão e se ela se reproduz vegetativamente (Kolar e Lodge 2001). Em decorrência disso, sugere-se maior foco nas transições iniciais (transporte/translocação e soltura/lançamento), onde ações de manejo são mais eficientes para a prevenção do estabelecimento de espécies invasoras (Simberloff et al. 2013).

Há evidências de que o potencial de invasão de algumas espécies do Velho Mundo é aparentemente maior que de espécies de outros continentes. Presumidamente isso decorre em razão de características adquiridas com os diferentes e frequentes distúrbios endógenos da história geológica recente, somados ao *feedback* positivo oriundo de distúrbios exógenos causados pelo homem desde o seu surgimento (Cagri 1989).

O porco feral (*Sus scrofa*) é uma espécie originária do Velho Mundo, eurásiana e norte africana, que foi introduzida em todos os continentes, à exceção da Antártida (Keuling e Leus 2019). Sua forma domesticada foi trazida ao continente americano com a colonização europeia, tornando-se selvagem no início do século XIV (Mayer 2017). Desde então o porco feral é considerado prejudicial à economia rural na América do Norte

e na Oceania, sendo responsável por prejuízos na agricultura (culturas anuais e perenes), e na pecuária, pela circulação de doenças (Bengsen et al. 2017; Mayer 2017).

No meio ambiente, a atividade de porcos ferais modifica a estrutura do solo e disponibilidade de nutrientes (Long et al. 2017). Sua remoção aumenta a riqueza e densidade de plantas lenhosas nativas, assim como de serrapilheira, com consequente redução da área de solo exposto (Cole e Litton 2014). Devido a sua ampla plasticidade na dieta, o efeito da predação de frutos e sementes modifica a sucessão florestal (Dénes et al. 2018; Luskin et al. 2019), enquanto a predação sobre a fauna reduz populações de espécies particularmente sensíveis (Oja et al. 2017; Graitson et al. 2019), potencialmente podendo interagir com espécies relativamente similares como os taiassuídeos (Sicuro e Oliveira 2002; Sicuro et al. 2011). Há também preocupação de que a explosão demográfica de porcos ferais em muitas regiões do mundo possa resultar em um aumento na exposição de humanos a zoonoses, principalmente em eventos de caça (Ruiz-Fons 2017), que é a principal forma de controle do porco feral no Brasil (Rosa et al. 2018).

A população de porcos ferais do Pantanal brasileiro é conhecida como “porco-monteiro” (Fig. 1). Esse colonizou ambientes naturais daquela região há mais de 200 anos, provavelmente em razão de indivíduos domesticados que escaparam durante o período da Guerra do Paraguai (Desbiez et al. 2011), mas certamente já estava na região em períodos anteriores ao normalmente considerado, uma vez já estando na Bacia do Prata em períodos anteriores, cerca do ano de 1540 (Donkin 1985). Na região nordeste do bioma, de clima quente e úmido (Hofmann et al. 2016), a espécie apresenta preferência por ambientes de pastagem e não muito distantes da água, para atender tanto a necessidade de forrageio como de termorregulação, respectivamente (Cordeiro et al. 2018). A criação de uma grande área de Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN Sesc Pantanal) no ano de 1997 pelo Serviço Social do Comércio (Sesc), através da aquisição de fazendas de gado (Brandão et al. 2011), modificou a composição da paisagem, com redução de áreas preferenciais para o porco feral (Cordeiro et al. 2018).



Figura 1. Porco-monteiro (*Sus scrofa*) registrado através de armadilha fotográfica na região nordeste do Pantanal.

No primeiro capítulo, são investigados quais são os efeitos das variáveis de cobertura e o tipo de uso da terra que melhor descreve o uso da espécie em uma região dominada pela pecuária e que vem se modificando desde a criação da Reserva. Para isso, utilizamos os registros de porcos ferais realizados através de armadilhas fotográficas e modelamos a sua ocorrência, levando em conta o efeito da detecção imperfeita nas estimativas, bem como a relação entre a ocorrência e a proporção de classes de cobertura terra e do tipo de uso (dentro e fora da Reserva) no ano de 2011. A partir dessa relação, estimamos a possível ocorrência média de porcos ferais na região em outros sete anos (1985, 1990, 1995, 1999, 2002, 2006 e 2016), considerando a possibilidade de redução da ocorrência na área da Reserva e um acréscimo fora dessa ao longo do tempo. A constatação de um forte efeito da cobertura e uso da terra sobre a ocorrência de porcos ferais, com consequente reflexo no planejamento do uso de uma paisagem, poderia ser considerado como uma forma de controle dessa espécie invasora.

No segundo capítulo, discutimos como é realizado o controle do porco feral no Brasil, contextualizando com o histórico normativo de ordenamento da atividade e apontando possíveis soluções, que passem por uma avaliação prévia que inclua um diagnóstico

robusto de variáveis que expliquem a ocorrência de porcos ferais em uma paisagem de escala regional.

## CAPÍTULO I

### **Efeitos do uso e cobertura da terra sobre a ocorrência de porcos ferais no nordeste do Pantanal, Brasil. A mudança do uso da terra poderia controlar a invasão?**

\* Artigo original elaborado de acordo com formato do periódico Biological Invasions.

#### **Resumo**

O porco feral é uma espécie invasora com diversos efeitos para o meio ambiente, economia e saúde pública. Mesmo com ações de controle, vem expandindo globalmente sua área de ocorrência. Avaliamos o efeito da cobertura e do tipo de uso da terra sobre a ocorrência de porcos ferais no nordeste do Pantanal, região dominada pela pecuária e modificada pela criação de uma reserva em 1997. Entre os anos de 2010 e 2012, obtivemos 577 registros da espécie em 355 sítios com armadilhas fotográficas na região da Reserva e entorno. Com modelos de ocupação de sítios, avaliamos a relação entre a ocorrência da espécie e a cobertura (oito classes, medidas em sua escala de efeito) e o uso da terra (reserva X não reserva) da paisagem de 2011. O melhor modelo, considerando AICc, apontou que a ocorrência de porcos ferais está relacionada com a cobertura de pastagem em um raio de 8.970 m e com a existência da Reserva. Utilizamos esse modelo para estimar a ocorrência de porcos ferais em toda a região, para as paisagens dos anos de 1985, 1990, 1995, 1999, 2002, 2006, 2011 e 2016. Em 32 anos, as estimativas evidenciaram um aumento de 7,86 vezes na probabilidade de ocorrência da espécie na região. Contudo, dentro da Reserva, a ocorrência decresceu 21,59 vezes (desde 1990), enquanto fora dela aumentou 9,35 vezes. A ocorrência de porcos ferais tem forte relação com a cobertura da terra (pastagem, especialmente) e com o tipo de uso (menor ocorrência na Reserva). Um possível mecanismo para a baixa ocorrência na área da Reserva pode ser a ausência de áreas-fonte. O planejamento regional do uso da terra pode ser uma importante estratégia no controle da espécie.

**Palavras-chave:** controle da invasão, espécie invasora, *Sus scrofa*, modelo de ocupação, escala de efeito, detecção imperfeita.

## Introdução

O porco feral (*Sus scrofa*) é considerado uma das 100 piores espécies invasoras do mundo, sendo causa de extinção de espécies por causa da sua capacidade de estabelecer, prosperar e dominar novos lugares (Lowe et al. 2000). Esta espécie possui muitos dos atributos de um invasor de sucesso, como ampla plasticidade a mudanças no ambiente, grande capacidade reprodutiva e alto índice de sobrevivência (Bieber e Ruf 2005). De origem eurásiana, atualmente o porco feral ocupa todos os continentes (exceto a Antártida) e muitas ilhas oceânicas (Barrios-Garcia e Ballari 2012). Suas populações continuam aumentando e colonizando novas áreas como resultado de introduções, da capacidade de expansão e adaptação da espécie a ambientes antrópicos, apesar dos esforços no desenvolvimento de diferentes programas de controle (Courchamp et al. 2003). Recentemente, porcos ferais têm se estabelecido em novas áreas através de solturas de entusiastas da caça esportiva ou fuga de criadouros autorizados (Deberdt e Scherer 2007; Mayer e Brisbin 2008).

O porco feral provoca efeitos sobre o meio ambiente, a economia rural e a saúde humana (Barrios-Garcia e Ballari 2012). Sua presença modifica a estrutura do solo e disponibilidade de nutrientes (Long et al. 2017), e a sua erradicação aumenta a riqueza e densidade de plantas lenhosas nativas, assim como de serrapilheira, com consequente redução da área de solo exposto (Cole e Litton 2014). Devido a sua ampla plasticidade na dieta, o efeito da predação de frutos e sementes modifica a sucessão florestal (Dénes et al. 2018; Luskin et al. 2019), enquanto a predação sobre a fauna reduz populações de espécies particularmente sensíveis (Oja et al. 2017; Graitson et al. 2019). No meio rural, a espécie traz danos frequentes à agricultura, em culturas anuais e perenes (Lombardini et al. 2017), bem como na pecuária, através da transmissão de doenças (Meng et al. 2009) e hibridização com porcos-domésticos (Iacolina et al. 2018). Enquanto isso, a explosão demográfica de porcos ferais em muitas regiões do mundo pode resultar em um aumento na exposição de humanos a zoonoses, principalmente em eventos relacionados à caça (Ruiz-Fons 2017).

Para conter essa espécie invasora, muitas formas de controle têm sido aplicadas, e a caça não tem funcionado quando utilizada como único instrumento de controle da espécie, sendo necessário duas ou mais técnicas consorciadas (Cruz et al. 2005; McCann e Garcelon 2008). Enquanto a caça se estabeleceu como principal instrumento de controle da espécie em países americanos (Ditchkoff et al. 2017; Gürtler et al. 2017; Rosa et al.

2017), a Austrália, adicionalmente, desenvolveu e tem utilizado o envenenamento através de iscas como forma relativamente mais eficaz e econômica no abate de larga escala (Cowled et al. 2006a; 2008). No entanto, o uso de veneno apresenta efeitos colaterais para animais silvestres que não são alvo de forma de controle (Cowled et al. 2006b). De todo modo, a expansão da área de ocorrência do porco feral e o aumento cada vez maior dos custos estimados para mitigação dos danos causados pelo mesmo – AU\$ 106 milhões/ano na Austrália (Institute of Medical and Veterinary Science 2010) e US\$ 1,5 bilhão/ano nos EUA (Pimentel et al. 2005) – têm levado pesquisadores ao desenvolvimento e uso de técnicas combinadas para a erradicação, com esforço posterior de monitoramento para evitar uma futura recolonização.

Tanto para planejar o controle quanto para o monitoramento dessa espécie invasora, é fundamental compreender as relações entre porcos ferais e a paisagem, como os tipos de cobertura e de uso da terra que podem favorecer a sua ocorrência. Na Europa, se constatou uma ampliação da área de ocorrência da espécie na sua forma selvagem (javali), recolonizando novas áreas em um amplo espectro de tipos de ambientes naturais (semi-árido, áreas úmidas, florestas e campos alpinos), e também áreas rurais, urbanas e suburbanas (Massei et al. 2015). O porco feral distribui-se por áreas de cultivo agrícola, próximas a florestas, para comportamentos alternados de forrageio e abrigo contra a ameaça de predadores naturais e caçadores humanos (Morelle e Lejeune 2015), e também para o conforto térmico (Choquenot e Ruscoe 2003). Em locais muito quentes, a necessidade de termorregulação determina sua relativa incapacidade de persistir longe de corpos d'água (Dexter 1998).

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da cobertura e do tipo de uso da terra sobre a ocorrência de porcos ferais no nordeste do Pantanal, uma região dominada pela pecuária e que vem se modificando desde a criação de uma reserva. A partir de registros de armadilhas fotográficas e utilizando modelos de ocupação que levam em conta o efeito da detecção imperfeita nas estimativas, avaliamos a relação entre a ocorrência da espécie e a proporção de classes de cobertura terra e do tipo de uso da terra (dentro e fora da Reserva) em 2011. Com base em Cordeiro et al. (2018), esperamos que pastagens, água e coberturas florestais (com relação negativa), sejam importantes para a ocorrência de porcos ferais. Também esperamos que a Reserva seja um tipo de uso desfavorável a ocorrência da espécie na região. A partir das relações entre ocorrência de porcos ferais e cobertura e uso da terra encontradas para o ano de 2011, estimamos a possível ocorrência média de *Sus scrofa* na região em outros sete anos (1985, 1990, 1995, 1999, 2002, 2006

e 2016), supondo uma redução da ocorrência na área da Reserva e um acréscimo fora dela ao longo do tempo. Uma vez observado um forte efeito dos padrões de cobertura e uso da terra sobre a ocorrência de porcos ferais, o planejamento do uso de uma paisagem poderia ser considerado como uma forma de controle dessa espécie invasora.

## **Materiais e Métodos**

### Área de estudo

O estudo foi realizado em uma região de 396.969 ha no nordeste do Pantanal, Estado do Mato Grosso, Brasil (16°42'13" S, 56°14'55" W). A área de estudo inclui a Reserva Particular do Patrimônio Natural Sesc Pantanal (RPPN Sesc), grandes fazendas de pecuária extensiva e pequenas propriedades rurais. A RPPN Sesc ocupa uma área de 108.000 ha e foi criada em 1997, a partir da aquisição de grandes fazendas de gado (Brandão et al. 2011). A paisagem da região é formada por matas alagáveis, matas secas, matas sempre verdes, savanas, tabocais (vegetação dominada por taquaras, do gênero *Guadua*), bamburros (vegetação arbustiva densa), campos e pastagens, esta última, de origem antrópica (Fig. I.1 e Material Suplementar Fig. I.S1). A região também possui dois grandes rios que correm no sentido NE-SO (Cuiabá e São Lourenço), assim como reservatórios d'água (tanques) que foram construídos para dessedentação do gado. A região apresenta um período de cheia, com o alagamento de extensas áreas (normalmente entre os meses de janeiro e março) e uma estação de forte seca, com incêndios e ausência de chuvas (entre os meses de julho e setembro).

### Coleta de dados

Os registros de porcos ferais foram obtidos por armadilhas fotográficas dispostas em 355 locais (Fig. I.1), durante o período de vazante e seca dos anos de 2010 (132 locais), 2011 (151) e 2012 (72). Os locais de amostragem foram definidos buscando representar as diferentes classes de cobertura da terra na região e áreas dentro e fora da RPPN Sesc, considerando também permissão e facilidade de acesso. Duzentos e onze locais se encontravam dentro da RPPN Sesc e 144 em áreas de fazendas e pequenas propriedades rurais no entorno da Reserva. Entre os locais, foram amostrados tanques (32) e barreiros (20) da região, locais com grande visitação por animais domésticos e silvestres (Hofmann

2013; Coelho 2016). Uma armadilha foi disposta em cada local, ficando ativa por um período entre 11 e 25 dias. Utilizamos armadilhas fotográficas Reconyx PC90HO, com sensor infravermelho que acionam o disparo quando detecta a mudança de temperatura com a passagem de um animal (Welbourne et al. 2016). A armadilha foi instalada em uma altura que variou entre 30-50 cm. Ela possui 21 m de alcance durante o dia e entre 15 e 18 m durante a noite (flash infravermelho), com ângulo de detecção de 40°. Portanto, a área de detecção triangular foi de 160 m<sup>2</sup> com luz natural e 82-118 m<sup>2</sup> à noite.

A detecção pode variar conforme a quantidade de obstrução por vegetação ou terreno em frente à armadilha fotográfica, o que afeta a capacidade do sensor de perceber a mudança de temperatura e a chance de identificação da espécie na fotografia. Por isso, testamos o efeito da obstrução (variável categórica ordinal: 1 = até 1/3 de obstrução, 2 = de 1/3 a 2/3 de obstrução e 3 = acima de 2/3 de obstrução) e do tipo de local (variável categórica: tanque, barreiro ou qualquer local) em frente à câmera na detecção de porcos ferais (ver Análise de dados).

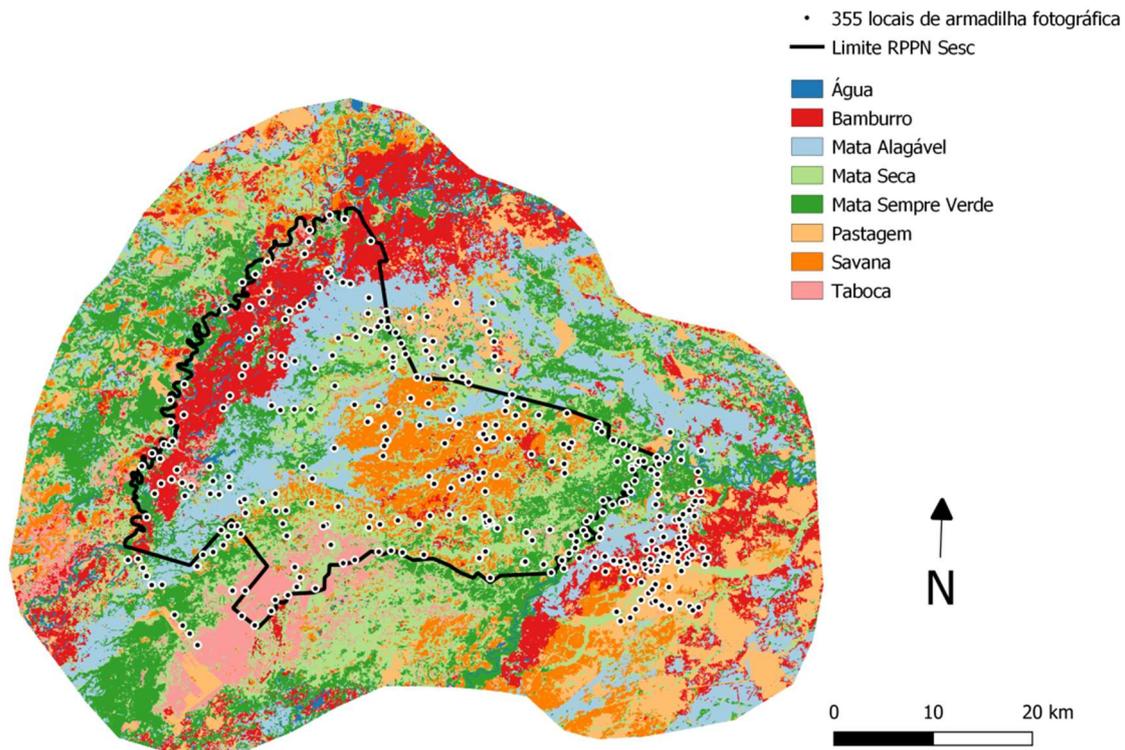


Figura I.1. Mapa temático com os 355 locais amostrados com armadilhas fotográficas para registro da ocupação de porcos ferais no nordeste do Pantanal, Mato Grosso, Brasil. Classificação de cobertura da terra (ano de 2011) e limites da RPPN Sesc Pantanal na região, que também apresenta grandes fazendas de pecuária e pequenas propriedades rurais.

Avaliamos a composição da paisagem a partir de mapas classificados para a região com oito classes de cobertura da terra (Fig. I.1). Utilizamos imagens dos satélites Landsat 5, 7 e 8 (resolução espacial de 30 x 30 m) para os anos de 1985, 1990, 1995, 1999, 2002, 2006, 2011 e 2016, obtidas na plataforma Earth Explorer do U. S. Geological Survey (<https://earthexplorer.usgs.gov>). Considerando que há um forte componente estacional na região, foram utilizadas três datas para a classificação de cada ano, contemplando o auge da cheia, o final da vazante e o auge da seca. Aplicamos uma classificação supervisionada, com segmentação de imagem (Wegmann et al. 2016), às bandas 3, 4, 5 e 7 mais o índice de realce da vegetação (EVI) de cada uma das três datas para cada ano, utilizando o pacote ILMSImage 2.4 (Kralisch et al. 2012) através do programa QGIS 3.2 (QGIS Development Team 2019). Os detalhes e a incerteza associada à classificação destes mapas estão sendo objeto de outro artigo (Coelho et al., em prep.).

Assim como em outras espécies de mamíferos, as respostas a características da estrutura da paisagem são dependentes das escalas avaliadas e do contexto (Presley et al. 2019). Por isso é necessário determinar a escala de efeito das variáveis de estrutura da paisagem, ou seja, a extensão de medida em que uma determinada variável possui relação mais forte com a ocorrência de uma espécie (Jackson e Fahrig 2014). Para cada um dos 355 locais de armadilha fotográfica, calculamos os percentuais de cobertura de cada uma das oito classes em 111 escalas diferentes através do programa Fragstats versão 4.2.1 (McGarigal et al. 2013). As escalas avaliadas foram estabelecidas como áreas circulares com raios de 60 m (0,01 km<sup>2</sup>) a 10.050 m (317,2 km<sup>2</sup>), em intervalos de 30, 90 ou 120 m, procurando abranger com segurança tamanhos de áreas de vida mínimo e máximo para a espécie (que alcança até 2 km<sup>2</sup> na região do Pantanal, segundo Oliveira-Santos et al. 2011).

#### Análise de dados

A relação da ocupação de porcos ferais com a cobertura e tipo de uso da terra foi estimada através de modelos de ocupação de sítios de estação única (MacKenzie et al. 2002). O modelo de ocupação de sítios é um modelo hierárquico, em que a ocorrência é estimada levando-se em conta o parâmetro de detecção estimado em um submodelo (Kéry e Royle 2016). Este modelo baseia-se em cinco premissas: (1) presença e ausência não mudam ao longo do estudo, (2) sem erro falso-positivo (não há superestimativa da ocorrência), (3) independência de ocorrência e detecção, (4) homogeneidade da

probabilidade de detecção e (5) modelo paramétrico com duas variáveis de Bernoulli como abstração razoável da realidade (Kéry e Royle 2016). Toda a análise de modelo de ocupação de sítios foi realizada através do pacote *unmarked* v1.0.0 (com a função “occu”), no ambiente R, versão 4.0.2 (R Core Team 2016). Utilizamos uma abordagem de informação teórica (Burnham e Anderson 2002), considerando o Critério de Informação de Akaike corrigido (AICc) para comparar diferentes hipóteses sobre as relações entre variáveis preditivas e a ocorrência e detecção de porcos ferais.

Inicialmente, avaliamos quais variáveis podem ter efeito sobre a detecção de porcos ferais nos dados, já que esses efeitos, se importantes e não considerados, podem ter reflexo sobre as estimativas de ocorrência e das relações de ocorrência com as variáveis preditivas. Testamos a relação da obstrução na frente da armadilha fotográfica e do tipo de local da câmera. As predições são de que a detecção é menor em locais com maior obstrução na frente da armadilha fotográfica, e maior em tanques e barreiros pelo possível maior uso desses locais pelos porcos ferais. Competimos um modelo nulo (sem nenhuma variável explicativa para a detecção) com outro onde a detecção varia em função da obstrução em frente às câmeras, outro onde a detecção varia em função da existência de barreiros ou tanques em frente às câmeras e um quarto que considera as duas variáveis atuando em conjunto (obstrução e presença de barreiros ou tanques). Este último modelo apresentou o menor valor de AICc (menor perda de informação; Material Suplementar Tabela I.S1), sendo então mantidas as duas variáveis preditoras de detecção nas análises subsequentes.

Posteriormente, avaliamos a escala de efeito de cada uma das oito variáveis preditivas da ocupação (classes de cobertura da terra). A porcentagem de cobertura de cada classe foi medida em 111 tamanhos de raios diferentes (extensões) e padronizada (transformação  $z$ ). Para verificar em qual das extensões a relação de cada variável com a ocupação de porcos ferais há menor perda de informação, competimos 111 modelos, um para cada extensão, e selecionamos o modelo com menor AICc. Em seguida, buscamos determinar quais classes de cobertura melhor descrevem a ocorrência de *Sus scrofa* na região, competindo os modelos com cada classe de cobertura medida em sua escala de efeito e um modelo nulo (sem nenhuma variável preditiva da ocupação). As classes de cobertura em sua escala de efeito não apresentaram alta correlação ( $r$  de Pearson  $> 0,7$ ; Material Suplementar Tabela I.S2).

Também avaliamos os tipos de uso da terra, testando se o fato de um local estar situado dentro da RPPN Sesc poderia ter efeito sobre a ocorrência de porcos ferais. Supomos que

a ocorrência seja menor na Reserva, em decorrência de possíveis mecanismos como ausência de áreas-fonte ou maior presença de predadores. Assim, em uma competição final de modelos, consideramos um modelo nulo em ocorrência, um modelo com as classes de cobertura que melhor descrevem a ocorrência (identificadas no passo anterior), um modelo com a variável “RPPN” (categórica: dentro da Reserva ou fora da Reserva) e um modelo onde a ocorrência varia em função tanto da cobertura da terra quanto do tipo de uso.

Por fim, o melhor modelo selecionado nesta última competição foi usado para estimar os valores de ocorrência de porcos ferais para toda a região de estudo, considerando os anos de 2011 e também para 1985, 1990, 1995, 1999, 2002 2006 e 2016. No programa Fragstats, versão 4.2.1 (McGarigal et al. 2013), medimos as porcentagens de cobertura da classe (na escala de efeito determinada anteriormente) para cada pixel de 30 x 30 metros da região, em cada ano. Os valores de porcentagem de cobertura foram padronizados (transformação z) de acordo com a média e desvio padrão dos dados originais (355 locais na região no ano de 2011), para que ficassem de acordo com o utilizado nos modelos. Adicionalmente, cada pixel foi classificado quanto ao tipo de uso (reserva x não-reserva) de acordo com o ano (a RPPN Sesc foi criada em 1997). Usando a função “predict” no pacote *unmarked*, e os pacotes *raster* v2.5-9 (Hijmans 2019) e *rgdal* v1.5-12 (Bivand et al. 2019), geramos mapas preditivos com a probabilidade de ocorrência para cada ano. Avaliamos a adequação do melhor modelo aos dados através do teste Chi-Quadrado, usando um *bootstrap* paramétrico através da função “parboot” com 1000 simulações no pacote *unmarked* (Fiske e Chandler 2011). A acurácia preditiva do modelo foi avaliada através do Erro Médio Absoluto estimado por validação cruzada *K-fold* (Lever et al. 2016), empregando a função “crossVal” do pacote *unmarked* e considerando cinco conjuntos diferentes dos dados para simulação e teste do modelo.

## **Resultados**

Nós obtivemos 577 registros de porcos ferais em 70 dos 355 sítios com armadilhas fotográficas na região nordeste do Pantanal, entre os anos de 2010 e 2012 (Fig. I.2). Apenas um registro ocorreu no interior da RPPN Sesc. As variáveis testadas (obstrução e local da câmera) têm efeito significativo na detecção de porcos ferais. Quanto maior a obstrução na frente das armadilhas fotográficas, menor a detecção ( $\beta = -1,17$ ; SE = 0,16;  $z = -7,35$ ;  $P < 0,01$ ). A presença de tanques construídos para a dessedentação do gado

teve efeito positivo na detecção ( $\beta = 1,89$ ;  $SE = 0,15$ ;  $z = -12,29$ ;  $P < 0,01$ ). No entanto, ao contrário do esperado, a presença de barreiros teve efeito negativo ( $\beta = -3,81$ ;  $SE = 1,10$ ;  $z = -3,47$ ;  $P < 0,01$ ). O modelo que considera essas duas variáveis preditivas de detecção apresentou menor perda de informação em relação aos demais (ver Material Suplementar Tabela I.S1).

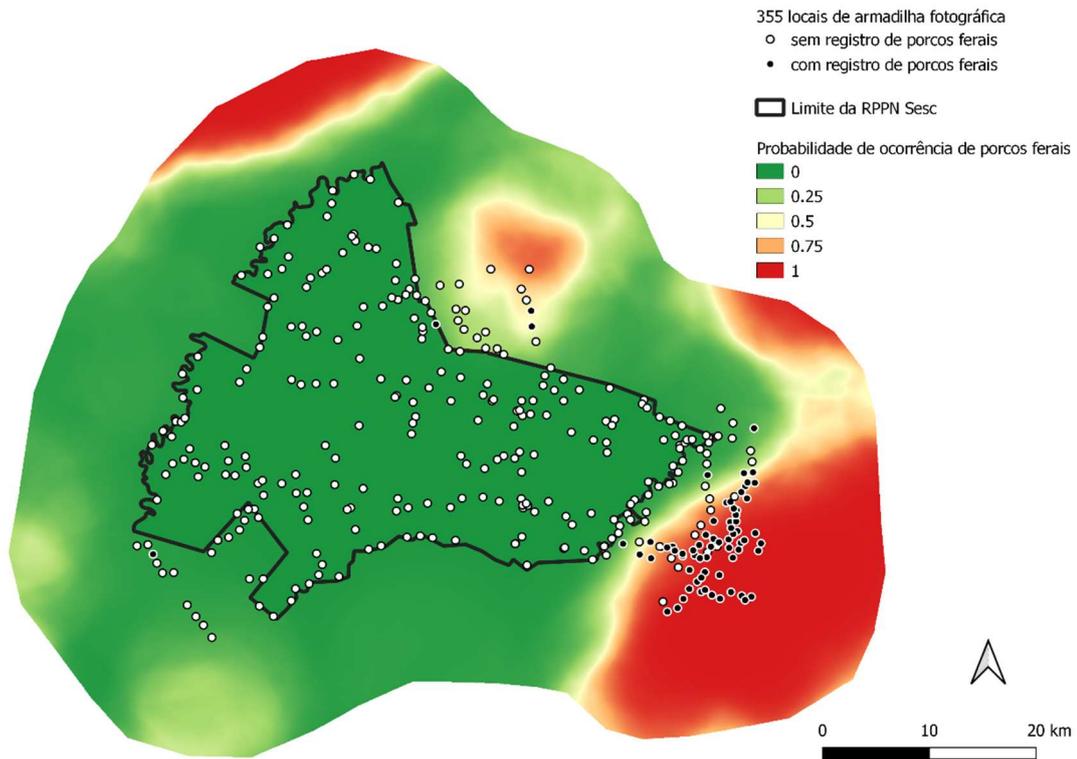


Figura I.2. Localização das armadilhas fotográficas com e sem registros de porcos ferais entre os anos de 2010 e 2012 no nordeste do Pantanal, dispostos sobre mapa temático com probabilidades estimadas de ocorrência no ano de 2011, a partir do modelo de ocupação de sítios mais plausível.

Entre as classes de cobertura, o modelo que melhor descreve a ocorrência de porcos ferais na região é relacionado com a classe “pastagem”, na escala de efeito de 8.970 m (Tabela I.1). Essa variável foi a única selecionada para representar o efeito da cobertura da terra sobre a ocorrência da espécie, pois, mesmo tendo os modelos com as demais classes de cobertura apresentado AICc menor que o modelo nulo, o modelo com a classe “pastagem” foi amplamente melhor classificado ( $AICcwt = 1$ ).

A classe “pastagem” na escala de efeito de 8.970 m teve efeito positivo para a ocorrência de porcos ferais ( $\beta = 2,89$ ;  $SE = 0,33$ ;  $z = 8,63$ ;  $P < 0,01$ ). Em menor grau, também tiveram efeito positivo as classes “bamburro” na escala de 120 m ( $\beta = 0,55$ ;  $SE$

= 0,11;  $z = 4,73$ ;  $P < 0,01$ ), “savana” na escala de 4.170 m ( $\beta = 0,28$ ;  $SE = 0,12$ ;  $z = 2,31$ ;  $P < 0,01$ ) e “mata alagável” na escala de 180 m ( $\beta = 0,20$ ;  $SE = 0,12$ ;  $z = 1,67$ ;  $P < 0,01$ ).

Já as classes de cobertura que tiveram efeito negativo para a ocorrência de porcos ferais foram “água” na escala de 870 m ( $\beta = -5,36$ ;  $SE = 2,55$ ;  $z = -2,11$ ;  $P = 0,03$ ), “taboca” na escala de 10.050 m ( $\beta = -5,25$ ;  $SE = 1,28$ ;  $z = -4,09$ ;  $P < 0,01$ ), “mata sempre verde” na escala de 570 m ( $\beta = -2,15$ ;  $SE = 0,47$ ;  $z = -4,51$ ;  $P < 0,01$ ) e “mata seca” na escala de 4.410 m ( $\beta = -1,08$ ;  $SE = 0,21$ ;  $z = -5,05$ ;  $P < 0,01$ ).

Tabela I.1. Classificação de nove modelos de ocupação considerando o efeito de classes de cobertura da terra sobre a ocorrência de porcos ferais, a partir de dados coletados entre os anos de 2010 e 2012, na região nordeste do Pantanal.

Modelos	$nPars$	AICc	$\Delta AICc$	AICcwt	cumltWt
$\Psi(Past8970), p(TLoc+CObs)$	6	1934,47	0	1	1
$\Psi(MVer570), p(TLoc+CObs)$	6	2093,95	159,49	0	1
$\Psi(Tabo10050), p(TLoc+CObs)$	6	2097,37	162,90	0	1
$\Psi(Agua870), p(TLoc+CObs)$	6	2109,71	175,25	0	1
$\Psi(MSec4410), p(TLoc+CObs)$	6	2114,34	179,87	0	1
$\Psi(Bamb120), p(TLoc+CObs)$	6	2126,29	191,83	0	1
$\Psi(Sava4170), p(TLoc+CObs)$	6	2144,46	209,99	0	1
$\Psi(MAla180), p(TLoc+CObs)$	6	2146,95	212,49	0	1
$\Psi(1), p(TLoc+CObs)$	5	2147,56	213,08	0	1

$\Psi$  é a probabilidade de ocorrência e  $p$  é a probabilidade de detecção.  $nPars$  é o número de parâmetros do modelo,  $\Delta AICc$  é a menor diferença dos valores de AICc (Critério de Informação de Akaike corrigido) entre cada modelo e o modelo com menor AICc, AICcwt é o peso do modelo e o cumltWt é o peso acumulado. Variáveis: Past=pastagem, MVer=mata sempre verde, Tabo=taboca, Agua=água, MSec=mata seca, Bamb=bamburro, Sava=savana, MAla=mata alagável, 1=nulo, TLoc=tipo de local, CObs=obstrução câmera. Valores após o acrônimo das variáveis em ocorrência são a escala de efeito em metros.

O modelo que leva em conta a RPPN Sesc, juntamente com a classe de cobertura “pastagem” na escala de efeito de 8.970 m, descreve melhor a ocorrência de porcos ferais na região em comparação com os modelos com apenas uma dessas variáveis e com o modelo nulo (Tabela I.2). Este modelo apresentou boa adequação aos dados ( $\chi^2 = 2.416$ ;  $P = 0,76$ ), estando os valores de 2,5% ( $\chi^2 = 1.931$ ) e 97,5% ( $\chi^2 = 17.010$ ) dos testes com conjuntos de dados simulados a partir do modelo. Na avaliação da acurácia preditiva desse modelo, o Erro Médio Absoluto estimado por validação cruzada  $k$ -fold foi de 0,08 ( $SD = 0,01$ ). A RPPN Sesc tem efeito negativo na ocorrência de porcos ferais ( $\beta = -2,93$ ;

SE = 1,06;  $z = -2,75$ ;  $P < 0,01$ ), enquanto a classe pastagem tem efeito positivo ( $\beta = 2,28$ ; SE = 0,35;  $z = 6,51$ ;  $P < 0,01$ ).

Tabela I.2. Classificação de quatro modelos de ocupação de sítios considerando o efeito da cobertura (Past8970) e do uso da terra (presença ou não da RPPN Sesc) sobre a ocorrência de porcos ferais, a partir de dados coletados entre os anos de 2010 e 2012, na região nordeste do Pantanal.

Modelos	$nPars$	AICc	$\Delta AICc$	AICcwt	cumltWt
$\Psi(Past8970+RPPN), p(TLoc+CObs)$	7	1922,70	0	1	1
$\Psi(Past8970), p(TLoc+CObs)$	6	1934,47	11,77	0	1
$\Psi(RPPN), p(TLoc+CObs)$	6	2015,58	92,88	0	1
$\Psi(1), p(TLoc+CObs)$	5	2147,56	224,86	0	1

$\Psi$  é a probabilidade de ocorrência e  $p$  é a probabilidade de detecção.  $nPars$  é o número de parâmetros do modelo,  $\Delta AICc$  é a menor diferença dos valores de AICc (Critério de Informação de Akaike corrigido) entre cada modelo e o modelo com menor AICc, AICcwt é o peso do modelo e o cumltWt é o peso acumulado. Variáveis: Past=pastagem, RPPN=RPPN Sesc, 1=nulo, TLoc=tipo de local, CObs=obstrução câmera. Valor após o acrônimo da variável “Past” em ocupação é a escala de efeito em metros.

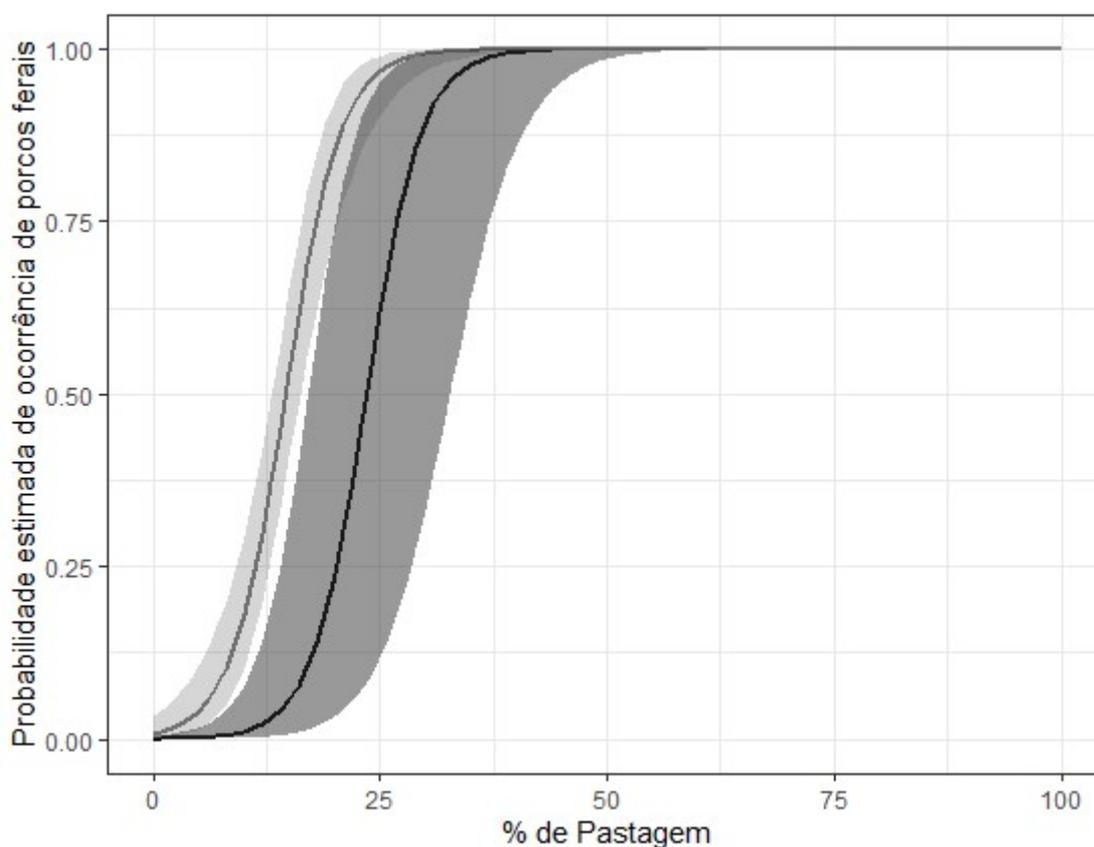


Figura I.3. Probabilidade de ocorrência de porcos ferais estimada para áreas dentro (linha preta) e fora (linha cinza) da RPPN Sesc (nordeste do Pantanal) e em relação ao percentual de cobertura de pastagem em um raio de 8.970 m. Estimativa gerada a partir de dados coletados entre os anos de 2010 e 2012. Área sombreada corresponde ao intervalo de confiança de 95%.

De acordo com o melhor modelo, a probabilidade de ocupação de porcos ferais é maior em um local fora da RPPN Sesc do que no interior da mesma com o mesmo percentual de cobertura de pastagem (Fig. I.3).

O modelo aponta que a probabilidade de ocorrência de porcos ferais pode ter aumentado em 7,86 vezes em toda a região e 9,35 vezes no entorno da RPPN Sesc no período entre os anos de 1985 e 2016 (Fig. I.4, ver Material Suplementar Tabela I.S3 para os valores absolutos). Na área da Reserva, o modelo prevê que houve uma redução de 21,59 vezes na ocorrência média de porcos ferais entre os anos de 1990 e 2016 (ver Material Suplementar Fig. I.S2 para os mapas com as probabilidades de ocorrência para os oito anos).

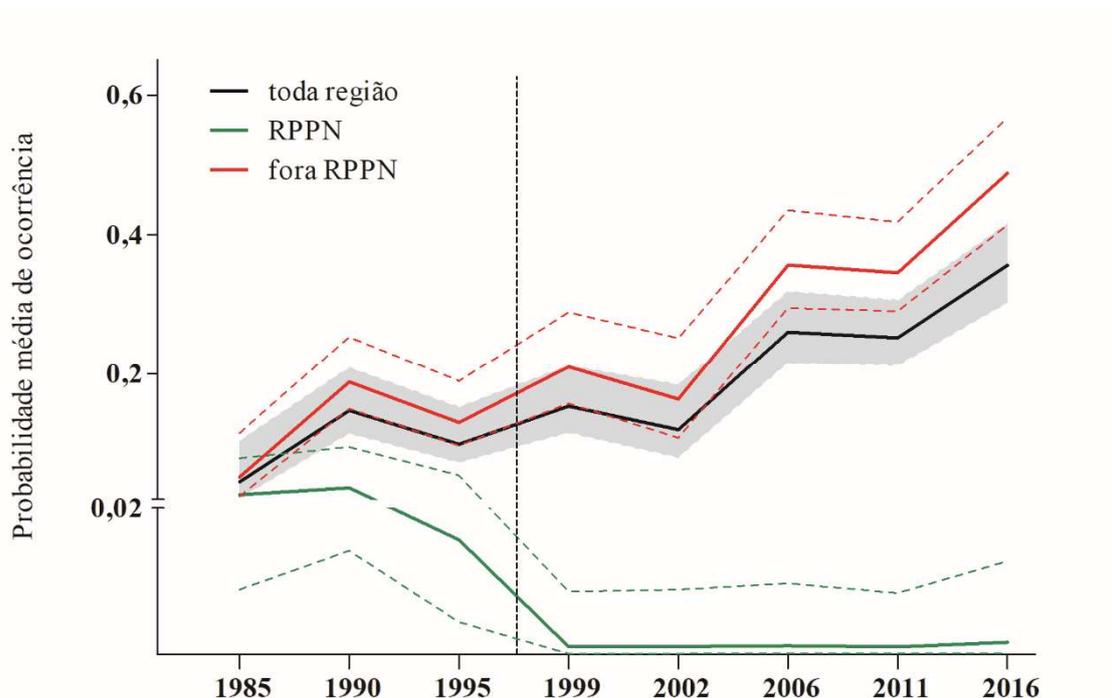


Figura I.4. Médias da probabilidade de ocorrência de porcos ferais no nordeste do Pantanal, nos anos de 1985, 1990, 1995, 1999, 2002, 2006, 2011 e 2016, geradas a partir do modelo de ocupação de sítios mais plausível para o conjunto de dados coletados entre os anos de 2010 e 2012. As linhas contínuas representam as médias; em sombreado cinza, o intervalo de confiança de 95% para toda a região; as linhas tracejadas representam os intervalos de confiança de 95% dentro e fora da área da RPPN Sesc (criada em 1997, linha vertical pontilhada).

## Discussão

Os resultados evidenciam que a ocorrência de porcos ferais na região nordeste do Pantanal é fortemente explicada pela relação positiva com a cobertura de pastagem e com o tipo de uso da terra (efeito expressivamente negativo na área da Reserva, de onde a espécie praticamente desapareceu). Os mecanismos que podem estar envolvidos nessas relações são a disponibilidade de recursos alimentares nas pastagens e a ausência de áreas-fonte de porcos ferais na RPPN Sesc (sensu Pulliam 1988). As pastagens do Pantanal são áreas utilizadas pelos porcos ferais para forrageio, deixando o solo revolvido (Desbiez et al. 2009; Cordeiro et al. 2018). Nestes ambientes são encontradas ervas, folhas, sementes e raízes, que são os itens mais frequentes e de maior volume na dieta do porco feral na região (Cervo e Guadagnin 2020). A criação da RPPN Sesc Pantanal no ano de 1997 promoveu a redução das áreas de pastagens através da retirada do gado das antigas fazendas e do controle das queimadas durante a estação seca (Oliveira et al. 2013), reduzindo os ambientes mais adequados para a ocorrência de porcos ferais (Cordeiro et al. 2018). Outro possível mecanismo para o efeito negativo da Reserva sobre a ocorrência de porcos ferais é a ausência criações de porcos dentro da RPPN Sesc, ficando as áreas-fonte da espécie nas fazendas e pequenas propriedades rurais da região. A maior predação de porcos ferais dentro da RPPN Sesc também pode ser um mecanismo. No entanto, não há dados disponíveis até o momento; contudo, a caça de porcos ferais é prática comum no entorno da Reserva.

O efeito positivo de classes de vegetação arbustiva, como savana e bamburro para a ocorrência de porcos ferais pode ser explicada pela sua proximidade com áreas de pastagens em uma fazenda de gado a leste da RPPN Sesc, local com grande número de registros da espécie. Essas áreas provavelmente funcionam como abrigo para o calor e proteção contra predadores. Na Europa, a espécie, na sua forma selvagem (javali), distribui-se por áreas de cultivo agrícola, próximas a florestas, para comportamentos alternados de forrageio e abrigo contra a ameaça de predadores naturais e caçadores humanos (Morelle e Lejeune 2015). Já o efeito negativo da cobertura de mata sempre verde sobre a ocorrência de porcos ferais pode ser explicado pela localização desse tipo de vegetação junto às margens dos rios do norte do Pantanal que, por sua vez, é o ambiente preferencial da onça-pintada (*Panthera onca*) (Quigley e Crawshaw 1992), um potencial predador da espécie (Cavalcanti e Gese 2010; Perilli et al. 2016). Áreas com cobertura

florestal não parecem ser ambientes preferenciais para o porco feral na região (Cordeiro et al. 2018). O forte efeito negativo da cobertura de água, aqui observado, pode ser resultado da escala de efeito (870 m). É conhecida a relativa incapacidade de porcos ferais persistirem longe de corpos d'água em locais quentes, pela necessidade de termorregulação corporal (Dexter 1998; Cuevas et al. 2013). Foi observado que no nordeste do Pantanal locais com distâncias inferiores a 500 metros da água não são ambientes preferenciais da espécie (Cordeiro et al. 2018). Além disso, grande parte das áreas com água estão em rios e grandes baías, localizadas muitas delas na RPPN Sesc, junto a ambientes florestais e distantes de áreas de pastagens.

Estudos em múltiplas escalas de efeito devem considerar extensões desde a área do território de um indivíduo até áreas maiores do que a distância de dispersão média da espécie (Jackson e Fahrig 2014). A massa corporal é um atributo associado à mobilidade (área de vida e distância de dispersão) de espécies e, por isso, normalmente utilizada para estimar a relação com a extensão de efeito, ainda que encontre pouco suporte empírico (Jackson e Fahrig 2014). Apesar do amplo reconhecimento da importância das análises em múltiplas escalas nas relações de hábitat e da otimização de escala, a grande maioria dos trabalhos publicados não aborda diferentes escalas espaciais e temporais (McGarigal et al. 2016). O presente trabalho representa um avanço, já que testamos e identificamos uma grande variedade de escalas de efeito dependendo da classe de cobertura da terra. Para a classe mais importante (pastagem), é uma escala ampla (8.970 m de raio) que melhor descreve a ocorrência de porcos ferais no norte do Pantanal, o que evidencia o efeito de extensas áreas com pecuária. Pressupõe-se que espécies de maior porte, com ampla distribuição e área de vida como o porco feral tendem a responder a maiores extensões do ambiente, não havendo, no entanto, suporte para isso (Miguet et al. 2016). Por isso a importância de se avaliar diferentes escalas de efeito sem assumir esse tipo de pressuposto.

Apesar da importância de se considerar a detecção imperfeita para estimar a ocorrência de espécies e suas relações com a cobertura e uso da terra, a maioria dos trabalhos ainda não avalia erros de detecção (Kellner e Swihart 2014). Por isso, diversas publicações comprovam que considerar o efeito de diferentes covariáveis na detecção de animais de pequeno (MacKenzie et al. 2002) a grande porte (Conn et al. 2014) em modelos hierárquicos fornece uma abordagem mais robusta na descrição de ocorrência e abundância em paisagens de larga escala. Ainda que animais de maior porte tendam a ser mais facilmente detectados que animais pequenos em armadilhas fotográficas (Campos-

Candela et al. 2018), identificamos que a obstrução em frente às armadilhas fotográficas é uma covariável importante e com efeito negativo para a detecção de porcos ferais, pois descreve a irregularidade do terreno ou da vegetação em frente à câmera. Já o efeito positivo dos tanques d'água para a detecção dos porcos ferais pode ser explicado pela maior presença de porcos ferais nessas áreas, que são usadas para termorregulação e dessedentação em locais quentes como o Pantanal. Ao contrário do esperado, o efeito dos barreiros para a detecção foi negativo. Barreiros são sítios geofágicos muito procurados por ungulados e aves no norte do Pantanal (Coelho 2016) e esperava-se que a disponibilidade de porcos ferais nessas áreas fosse maior do que em outros locais de armadilhas fotográficas. O resultado encontrado pode se dever ao fato de que grande parte dos barreiros está localizado no interior de ambientes florestais e da RPPN Sesc, sítios onde a probabilidade de ocorrência de porcos ferais é muito baixa.

O modelo que melhor explica a ocorrência de porcos ferais leva em conta não só a pastagem em uma escala ampla (8.970 m de raio), mas também a presença da RPPN Sesc. Como a reserva tem efeito negativo para a ocorrência, o modelo aponta uma queda na probabilidade de ocorrência da espécie com a criação e implantação da Reserva a partir do ano de 1997, embora já com um decréscimo no período imediatamente anterior. Tal fato pode ser decorrente da redução da pecuária, em período imediatamente anterior à aquisição das fazendas na área que compõe a RPPN Sesc na atualidade. As mudanças na paisagem, decorrentes da implantação da reserva, reduziram as áreas de pastagens, afetando a viabilidade da espécie na região. Após a crise econômica que assolou a pecuária pantaneira no final da década de 80 (Brandão et al. 2011), houve incremento nas áreas de pastagens para o gado nas propriedades do entorno – um padrão observado no estado do Mato Grosso como um todo entre os anos de 2001 e 2017 (Simões et al. 2020) – o que aumentou a disponibilidade de hábitat preferencial do porco feral (Cordeiro et al. 2018) e o consequente aumento estimado na ocorrência da espécie, principalmente a partir do ano de 2002. Adicionalmente, o porco feral pode estar contribuindo como vetor de disseminação de pastagens exóticas, já que o hábito de revolvimento do solo para forrageio facilita o estabelecimento de plantas invasoras (Barrios-Garcia e Simberloff 2013).

A mitigação dos impactos do porco feral em uma grande área geralmente não é logística ou economicamente viável (Choquenot et al. 1996). Bieber e Ruf (2005) encontraram boas evidências na adoção de distintas estratégias de controle populacional baseadas nas diferentes condições ambientais: sob condições favoráveis para a ocorrência

de porcos, reduzir a população de juvenis; e sob condições desfavoráveis, focar o abate em fêmeas adultas. No Brasil, o controle do porco feral ocorre principalmente através da caça de perseguição, com cães (Rosa et al. 2018). No entanto, quando realizadas de forma isolada, as atividades de caça são planejadas para sustentar e manter o recurso disponível, e não para o controle ou erradicação do porco feral (Ballari et al. 2015). Ballari et al. (2015) constataram que não houve impacto significativo da caça sobre a abundância da espécie e que muitos dos programas de controle não foram adequadamente planejados, com problemas na definição de objetivos claros e práticos. Para um controle mais eficiente, recomenda-se o uso de métodos confiáveis para estimar a densidade de porcos ferais antes e depois do controle (Massei et al. 2011), assim como para redução dos danos que a espécie causa (Krull et al. 2016).

Os resultados indicam que a ocorrência de porcos ferais no nordeste do Pantanal é expressivamente afetada pela forma de uso da terra. Os porcos ferais passaram a utilizar cada vez menos a área da RPPN Sesc desde a sua criação, enquanto que nas áreas adjacentes o uso vem aumentando desde o ano de 2002. O declínio no interior da Reserva parece estar intimamente associado à drástica redução e fragmentação das áreas de pastagem, uma consequência natural da rápida sucessão da vegetação após a retirada do gado (Cordeiro et al. 2018). Portanto, para o controle mais eficiente dessa espécie invasora, fica evidente que sejam incluídas no planejamento regional mudanças no uso da terra para diminuir a disponibilidade de ambientes favoráveis e áreas-fonte de porcos ferais, bem como a inclusão de diagnósticos precisos das variáveis da paisagem e a escala de seu efeito. A partir dessa etapa utilizar combinações de diferentes técnicas de captura, com o objetivo de submeter uma determinada população de porcos ferais a constante estresse, dada a dificuldade da sua erradicação.

## **Agradecimentos**

Somos gratos aos funcionários do Sesc Pantanal, em especial à Cristina Cuiabália Neves, Christiane Caetano Rodrigues e ao Sr. Leopoldo G. Brandão (*in memoriam*), assim como aos guardas-parque da Reserva. À Gabriel S. Hofmann, Vinicius A. G. Bastazini, Fernanda Z. Teixeira, Diogo M. Gräbin, e Isadora B. Esperandio pelo auxílio nos trabalhos de campo e a Gustavo Staut pelo suporte na Fazenda Santa. Lúcia. À Julia Beduski e Ramonna Oliveira pela ajuda na triagem dos dados das armadilhas fotográficas. À Andreas Kindel, Clarissa A. da Rosa, Jan K. F. Mahler Jr., Fernando G. Becker,

Demetrio L. Guadagnin pela revisão de versões anteriores deste trabalho. Ao Núcleo de Ecologia de Rodovias e Ferrovias (Nerf/UFRGS) pelo suporte de infraestrutura computacional para as análises. E. Pedó recebeu remuneração do IBAMA durante o doutorado e L. F. B. de Oliveira teve suporte de projeto pelo Sesc Pantanal (FUJB, processo 15534-9) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, processo 400713/2013-6).

## Referências Bibliográficas

- Ballari SA, Cuevas MF, Cirignoli S, Valenzuela AEJ (2015) Invasive wild boar in Argentina: using protected areas as a research platform to determine distribution, impacts and management. *Biol Invasions* 17:1595–1602.  
<https://doi.org/10.1007/s10530-014-0818-7>
- Barrios-Garcia MN, Ballari SA (2012) Impact of wild boar (*Sus scrofa*) in its introduced and native range: A review. *Biol Invasions* 14:2283–2300.  
<https://doi.org/10.1007/s10530-012-0229-6>
- Barrios-Garcia MN, Simberloff D (2013) Linking the pattern to the mechanism : How an introduced mammal facilitates plant invasions. *Austral Ecol* 38:884–890.  
<https://doi.org/10.1111/aec.12027>
- Bieber C, Ruf T (2005) Population dynamics in wild boar *Sus scrofa*: Ecology, elasticity of growth rate and implications for the management of pulsed resource consumers. *J Appl Ecol* 42:1203–1213. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01094.x>
- Bivand R, Keitt T, Rowlingson B (2019) rgdal: Bindings for the “Geospatial” Data Abstraction Library. R package version 1.4-3.  
<https://CRAN.Rproject.org/package=rgdal>
- Brandão LG, Antas PTZ, Oliveira LFB, et al (2011) Plano de Manejo da Reserva Particular de Patrimônio Natural do Sesc Pantanal, 2ª ed. Serviço Social do Comércio, Departamento Nacional, Rio de Janeiro
- Burnham KP, Anderson DR (2002) Model Selection and Inference: A Practical Information-Theoretic Approach, 2nd edn. New York
- Campos-Candela A, Palmer M, Balle S, Alós J (2018) A camera-based method for

- estimating absolute density in animals displaying home range behaviour. *J Anim Ecol* 87:825–837. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12787>
- Cavalcanti SMC, Gese EM (2010) Predation Patterns of Jaguars (*Panthera onca*) in a Seasonally Flooded Forest in the Southern Region of Pantanal, Brazil. *J Mammal* 91:722–736. <https://doi.org/10.1644/09-MAMM-A-171>.
- Cervo IB, Guadagnin DL (2020) Wild boar diet and its implications on agriculture and biodiversity in Brazilian forest–grassland ecoregions. *Anim Biodivers Conserv* 43:123–136. <https://doi.org/10.32800/abc.2020.43.0123>
- Choquenot D, McIlroy J, Korn T (1996) Managing vertebrate pests: feral pigs. Australian Government Publishing Services, Canberra
- Choquenot D, Ruscoe WA (2003) Landscape complementation and food limitation of large herbivores: Habitat-related constraints on the foraging efficiency of wild pigs. *J Anim Ecol* 72:14–26. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2656.2003.00676.x>
- Coelho IP (2016) Do barro ao bamburro: relações entre a paisagem e a distribuição local de mamíferos e aves no Pantanal, Brasil. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 66 p.
- Cole RJ, Litton CM (2014) Vegetation response to removal of non-native feral pigs from Hawaiian tropical montane wet forest. *Biol Invasions* 16:125–140. <https://doi.org/10.1007/s10530-013-0508-x>
- Conn PB, Ver Hoef JM, McClintock BT, et al (2014) Estimating multispecies abundance using automated detection systems: Ice-associated seals in the Bering Sea. *Methods Ecol Evol* 5:1280–1293. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12127>
- Cordeiro JLP, Hofmann GS, Fonseca C, Oliveira LFB (2018) Achilles heel of a powerful invader: Restrictions on distribution and disappearance of feral pigs from a protected area in Northern Pantanal, Western Brazil. *PeerJ* 2018:. <https://doi.org/10.7717/peerj.4200>
- Courchamp F, Chapuis J-L, Pascal M (2003) Mammal invaders on islands: impact, control and control impact. *Biol Rev* 78:347–383. <https://doi.org/10.1017/S1464793102006061>
- Cowled BD, Elsworth P, Lapidge SJ (2008) Additional toxins for feral pig (*Sus scrofa*) control: Identifying and testing Achilles' heels. *Wildl. Res.* 35:651–662

- Cowled BD, Gifford E, Smith M, et al (2006a) Efficacy of manufactured PIGOUT® baits for localised control of feral pigs in the semi-arid Queensland rangelands. *Wildl Res* 33:427–437. <https://doi.org/10.1071/WR05083>
- Cowled BD, Lapidge SJ, Smith M, Staples L (2006b) Attractiveness of a novel omnivore bait, PIGOUT®, to feral pigs (*Sus scrofa*) and assessment of risks of bait uptake by non-target species. *Wildl Res* 33:651–660. <https://doi.org/10.1071/WR06054>
- Cruz F, Josh Donlan C, Campbell K, Carrion V (2005) Conservation action in the Galàpagos: Feral pig (*Sus scrofa*) eradication from Santiago Island. *Biol Conserv* 121:473–478. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.05.018>
- Cuevas MF, Ojeda RA, Jaksic FM (2013) Multi-scale patterns of habitat use by wild boar in the Monte Desert of Argentina. *Basic Appl Ecol* 14:320–328. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2013.03.001>
- Deberdt AJ, Scherer SB (2007) O javali asselvajado: Ocorrência e manejo da espécie no Brasil. *Nat Conserv* 5:31–44
- Dénes F V., Tella JL, Zulian V, et al (2018) Combined impacts of multiple non-native mammals on two life stages of a critically endangered Neotropical tree. *Biol Invasions* 20:3055–3068. <https://doi.org/10.1007/s10530-018-1758-4>
- Desbiez ALJ, Santos SA, Keuroghlian A, Bodmer RE (2009) Niche Partitioning Among White-Lipped Peccaries (*Tayassu pecari*), Collared Peccaries (*Pecari tajacu*), and Feral Pigs (*Sus scrofa*). *J Mammal* 90:119–128. <https://doi.org/10.1644/08-mamm-a-038.1>
- Dexter N (1998) The influence of pasture distribution, and temperature on adult body weight of feral pigs in a semi-arid environment. *Wildl Res* 25:547–559. <https://doi.org/10.1071/WR97119>
- Ditchkoff SS, Holtfreter RW, Williams BL (2017) Effectiveness of a bounty program for reducing wild pig densities. *Wildl Soc Bull* 41:548–555. <https://doi.org/10.1002/wsb.787>
- Fiske IJ, Chandler RB (2011) unmarked : An R Package for Fitting Hierarchical Models of Wildlife Occurrence and Abundance. *J Stat Softw* 43:1–23. <https://doi.org/10.18637/jss.v043.i10>

- Graitson E, Barbraud C, Bonnet X (2019) Catastrophic impact of wild boars: insufficient hunting pressure pushes snakes to the brink. *Anim Conserv* 22:165–176. <https://doi.org/10.1111/acv.12447>
- Gürtler RE, Martín Izquierdo V, Gil G, et al (2017) Coping with wild boar in a conservation area: impacts of a 10-year management control program in north-eastern Argentina. *Biol Invasions* 19:11–24. <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1256-5>
- Hijmans RJ (2019) raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 2.9-5. <https://CRAN.R-project.org/package=raster>
- Hofmann GS (2013) *Taiassuídeos simpátricos no norte do Pantanal brasileiro : implicações da estacionalidade climática, do uso da terra e da presença de uma espécie invasora nas interações competitivas entre caïtutus (*Pecari tajacu*) e queixadas (*Tayassu pecari*)*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 156 p.
- Iacolina L, Pertoldi C, Amills M, et al (2018) Hotspots of recent hybridization between pigs and wild boars in Europe. *Sci Rep* 8:1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35865-8>
- Institute of Medical and Veterinary Science (2010) Assessing the humaneness and efficacy of a new feral pig bait in domestic pigs, Report for the Australian Government Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts. Canberra
- Jackson HB, Fahrig L (2014) Are ecologists conducting research at the optimal scale? *Glob Ecol Biogeogr* 24:52–63. <https://doi.org/10.1111/geb.12233>
- Kellner KF, Swihart RK (2014) Accounting for imperfect Detection in Ecology: A Quantitative Review. *PLoS One* 9:e111436. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111436>
- Kéry M, Royle JA (2016) *Applied Hierarchical Modeling in Ecology: Analysis of distribution, abundance and species richness in R and BUGS*. Vol. 1: Prelude and Static Models., 1st Ed. Academic Press & Elsevier
- Kralisch S, Böhm B, Böhm C, et al (2012) ILMS - A software platform for integrated environmental management. International Congress on Environmental Modelling

- and Software. Managing Resources of a Limited Planet, Sixth Biennial Meeting. Leipzig
- Krull CR, Stanley MC, Burns BR, et al (2016) Reducing wildlife damage with cost-effective management programmes. *PLoS One* 11:1–15.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146765>
- Lever J, Krzywinski M, Altman N (2016) Points of Significance: Model selection and overfitting. *Nat Methods* 13:703–704. <https://doi.org/10.1038/nmeth.3968>
- Lombardini M, Meriggi A, Fozzi A (2017) Factors influencing wild boar damage to agricultural crops in Sardinia (Italy). *Curr Zool* 63:507–514.  
<https://doi.org/10.1093/cz/zow099>
- Long MS, Litton CM, Giardina CP, et al (2017) Impact of nonnative feral pig removal on soil structure and nutrient availability in Hawaiian tropical montane wet forests. *Biol Invasions* 19:749–763. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1368-6>
- Lowe S, Browne M, Boudjelas S, De Poorter M (2000) 100 of the World's Worst Invasive Alien Species A selection from the Global Invasive Species Database. Auckland
- Luskin MS, Ickes K, Yao TL, Davies SJ (2019) Wildlife differentially affect tree and liana regeneration in a tropical forest: An 18-year study of experimental terrestrial defaunation versus artificially abundant herbivores. *J. Appl. Ecol.* 56:1379–1388
- MacKenzie DI, Nichols JD, Lachman GB, et al (2002) Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology* 83:2248–2255.  
[https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[2248:ESORWD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[2248:ESORWD]2.0.CO;2)
- Massei G, Kindberg J, Licoppe A, et al (2015) Wild boar populations up, numbers of hunters down? A review of trends and implications for Europe. *Pest Manag Sci* 71:492–500. <https://doi.org/10.1002/ps.3965>
- Massei G, Roy S, Bunting R (2011) Too many hogs? A review of methods to mitigate impact by wild boar and feral hogs. *Human-Wildlife Interact* 5:79–99
- Mayer JJ, Brisbin IL (2008) Wild pigs in the United States: their history, comparative morphology, and current status. University of Georgia Press, Athens, USA
- McCann BE, Garcelon DK (2008) Eradication of Feral Pigs From Pinnacles National

- Monument. *J Wildl Manage* 72:1287–1295. <https://doi.org/10.2193/2007-164>
- McGarigal K, Cushman SA, Ene E (2013) FRAGSTATS v4.2.1: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at the following web site: <http://www.umass.edu/landeco/resear>
- McGarigal K, Wan HY, Zeller KA, et al (2016) Multi-scale habitat selection modeling: a review and outlook. *Landsc Ecol* 31:1161–1175. <https://doi.org/10.1007/s10980-016-0374-x>
- Meng XJ, Lindsay DS, Sriranganathan N (2009) Wild boars as sources for infectious diseases in livestock and humans. *Philos Trans R Soc B Biol Sci* 364:2697–2707. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0086>
- Miguet P, Jackson HB, Jackson ND, et al (2016) What determines the spatial extent of landscape effects on species? *Landsc Ecol* 31:1177–1194. <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0314-1>
- Morelle K, Lejeune P (2015) Seasonal variations of wild boar *Sus scrofa* distribution in agricultural landscapes: a species distribution modelling approach. *Eur J Wildl Res* 61:45–56. <https://doi.org/10.1007/s10344-014-0872-6>
- Oja R, Soe E, Valdmann H, Saarma U (2017) Non-invasive genetics outperforms morphological methods in faecal dietary analysis, revealing wild boar as a considerable conservation concern for ground-nesting birds. *PLoS One* 12:1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179463>
- Oliveira-Santos LGR, Dorazio RM, Tomas WM, et al (2011) No evidence of interference competition among the invasive feral pig and two native peccary species in a Neotropical wetland. *J Trop Ecol* 27:557–561. <https://doi.org/10.1017/S026646741100023X>
- Oliveira LFB, Cordeiro JLP, Hasenack H (2013) Padrões e tendências espaço-temporais na estrutura de uma paisagem antropizada no norte do Pantanal. In: Peres CA, Barlow J, Gardner TA, Vieira ICG (eds) *Conservação da biodiversidade em paisagens antropizadas do Brasil*. Ed. UFPR, Curitiba, pp 231–261
- Perilli MLL, Lima F, Rodrigues FHG, Cavalcanti SMC (2016) Can scat analysis describe the feeding habits of big cats? A case study with jaguars (*Panthera onca*)

- in Southern Pantanal, Brazil. PLoS One 11:1–12.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151814>
- Pimentel D, Zuniga R, Morrison D (2005) Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecol Econ* 52:273–288. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.10.002>
- Presley SJ, Cisneros LM, Klingbeil BT, Willig MR (2019) Landscape ecology of mammals. *J Mammal* 100:1044–1068. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyy169>
- Pulliam RH (1988) Sources, sinks, and population regulation. *Am Nat* 132:652–661. <https://doi.org/10.1086/284880>
- QGIS Development Team (2019) QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project.
- Quigley HB, Crawshaw PG (1992) A conservation plan for the jaguar. *Biol Conserv* 61:149–157. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(92\)91111-5](https://doi.org/10.1016/0006-3207(92)91111-5)
- R Core Team (2016) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.Rproject.org/>
- Rosa CA, Almeida Curi NH, Puertas F, Passamani M (2017) Alien terrestrial mammals in Brazil: current status and management. *Biol Invasions* 19:2101–2123. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1423-3>
- Rosa CA Da, Wallau MO, Pedrosa F (2018) Hunting as the main technique used to control wild pigs in Brazil. *Wildl Soc Bull* 42:111–118. <https://doi.org/10.1002/wsb.851>
- Ruiz-Fons F (2017) A Review of the Current Status of Relevant Zoonotic Pathogens in Wild Swine (*Sus scrofa*) Populations: Changes Modulating the Risk of Transmission to Humans. *Transbound Emerg Dis* 64:68–88. <https://doi.org/10.1111/tbed.12369>
- Simões R, Picoli MCA, Camara G, et al (2020) Land use and cover maps for Mato Grosso State in Brazil from 2001 to 2017. *Sci Data* 7:1–10. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0371-4>
- Wegmann M, Leutner B, Dech S (2016) Remote Sensing and GIS for Ecologists: Using

Open Source Software. Pelagic Publishing, UK

Welbourne DJ, Claridge AW, Paull DJ, Lambert A (2016) How do passive infrared triggered camera traps operate and why does it matter? Breaking down common misconceptions. *Remote Sens Ecol Conserv* 2:77–83.

<https://doi.org/10.1002/rse2.20>

**Material Suplementar**



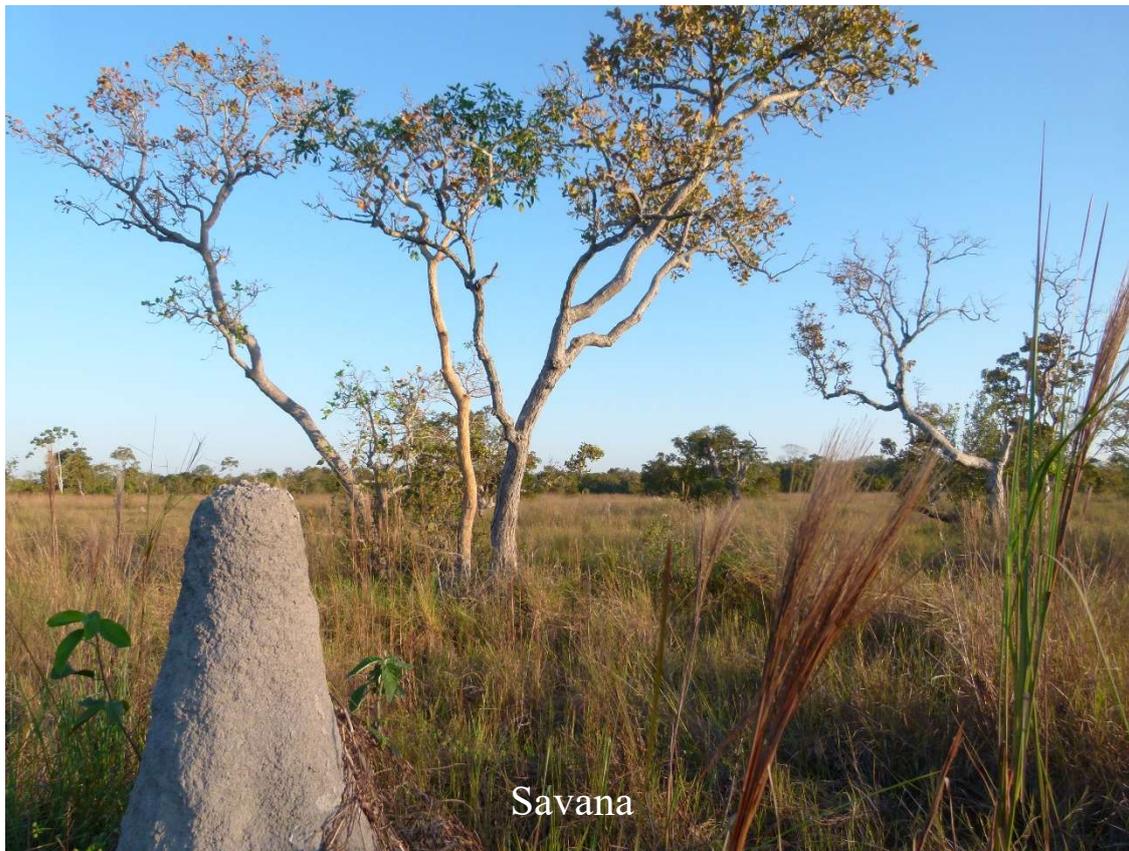
Mata alagável



Mata seca



Mata sempre verde



Savana



Bamburro



Pastagem



Figura I.S1. Fotografias das classes de cobertura da terra da região nordeste do Pantanal. Na última, logo acima, um dos muitos reservatórios d'água construídos para dessedentação do gado (também denominados “tanques”).

Tabela I.S1. Classificação de quatro modelos considerando o efeito de variáveis a detecção de porcos ferais, a partir de dados coletados com armadilhas fotográficas entre os anos de 2010 e 2012, na região nordeste do Pantanal.

Modelos	<i>n</i> Pars	AIC	$\Delta$ AIC	AICwt	cumltWt
$\Psi(1), p(\text{TLoc}+\text{CObs})$	5	2147,56	0	1	1
$\Psi(1), p(\text{TLoc})$	4	2173,74	26,18	0	1
$\Psi(1), p(\text{CObs})$	3	2300,58	153,03	0	1
$\Psi(1), p(1)$	2	2366,05	218,49	0	1

Obs: *p* é a probabilidade de detecção. *n*Pars é o número de parâmetros do modelo,  $\Delta$ AIC é a menor diferença dos valores de AIC (Critério de Informação de Akaike) entre cada modelo e o modelo com menor AIC, AICwt é o peso do modelo e cumltWt é o peso acumulado. Variáveis: TLoc=tipo de local, CObs=obstrução câmera, 1=nulo.

Tabela I.S2. Matriz de correlação de Pearson entre oito classes de cobertura da terra, a partir de dados de porcos ferais coletados com armadilhas fotográficas entre os anos de 2010 e 2012, na região nordeste do Pantanal.

	Agua870	Sava4170	Past8970	MVer570	MAla180	MSec4410	Bamb120	Tabo10050
Agua870	1	-0,38	-0,14	0,43	-0,14	-0,19	-0,09	-0,14
Sava4170	-0,38	1	0,23	-0,45	-0,1	0	0	-0,25
Past8970	-0,14	0,23	1	-0,33	0,01	-0,3	0,27	-0,36
MVer570	0,43	-0,45	-0,33	1	-0,2	0,16	-0,23	0
MAla180	-0,14	-0,1	0,01	-0,2	1	-0,32	-0,13	-0,04
MSec4410	-0,19	0	-0,3	0,16	-0,32	1	-0,36	0,2
Bamb120	-0,09	0	0,27	-0,23	-0,13	-0,36	1	-0,1
Tabo10050	-0,14	-0,25	-0,36	0	-0,04	0,2	-0,1	1

Variáveis: Agua=água, Sava=savana, Past=pastagem, MVer=mata sempre verde, MAla=mata alagável, MSec=mata seca, Bamb=bamburro, Tabo=taboca. Valores após os acrônimos das variáveis se referem à escala de efeito em metros.

Tabela I.S3. Médias das probabilidades de ocorrência de porcos ferais no nordeste do Pantanal, geradas a partir do modelo de ocupação de sítios mais plausível para o conjunto de dados de ocupação e detecção coletados com armadilhas fotográficas entre os anos de 2010 e 2012. LC = limite de confiança.

Ano	Toda região			RPPN			Fora da RPPN		
	LC inferior	média	LC superior	LC inferior	média	LC superior	LC inferior	média	LC superior
1985	0,0203	0,0453	0,1049	0,0089	0,0268	0,0786	0,0245	0,0522	0,1147
1990	0,1130	0,1472	0,2098	0,0142	0,0367	0,0946	0,1498	0,1883	0,2527
1995	0,0718	0,0990	0,1528	0,0044	0,0157	0,0544	0,0968	0,1300	0,1894
1999	0,1146	0,1534	0,2127	0,0001	0,0011	0,0086	0,1572	0,2100	0,2886
2002	0,0788	0,1196	0,1855	0,0001	0,0011	0,0089	0,1080	0,1636	0,2511
2006	0,2149	0,2603	0,3195	0,0002	0,0012	0,0097	0,2948	0,3566	0,4347
2011	0,2114	0,2522	0,3069	0,0001	0,0011	0,0084	0,2900	0,3456	0,4180
2016	0,3013	0,3562	0,4167	0,0002	0,0017	0,0127	0,4133	0,4880	0,5669

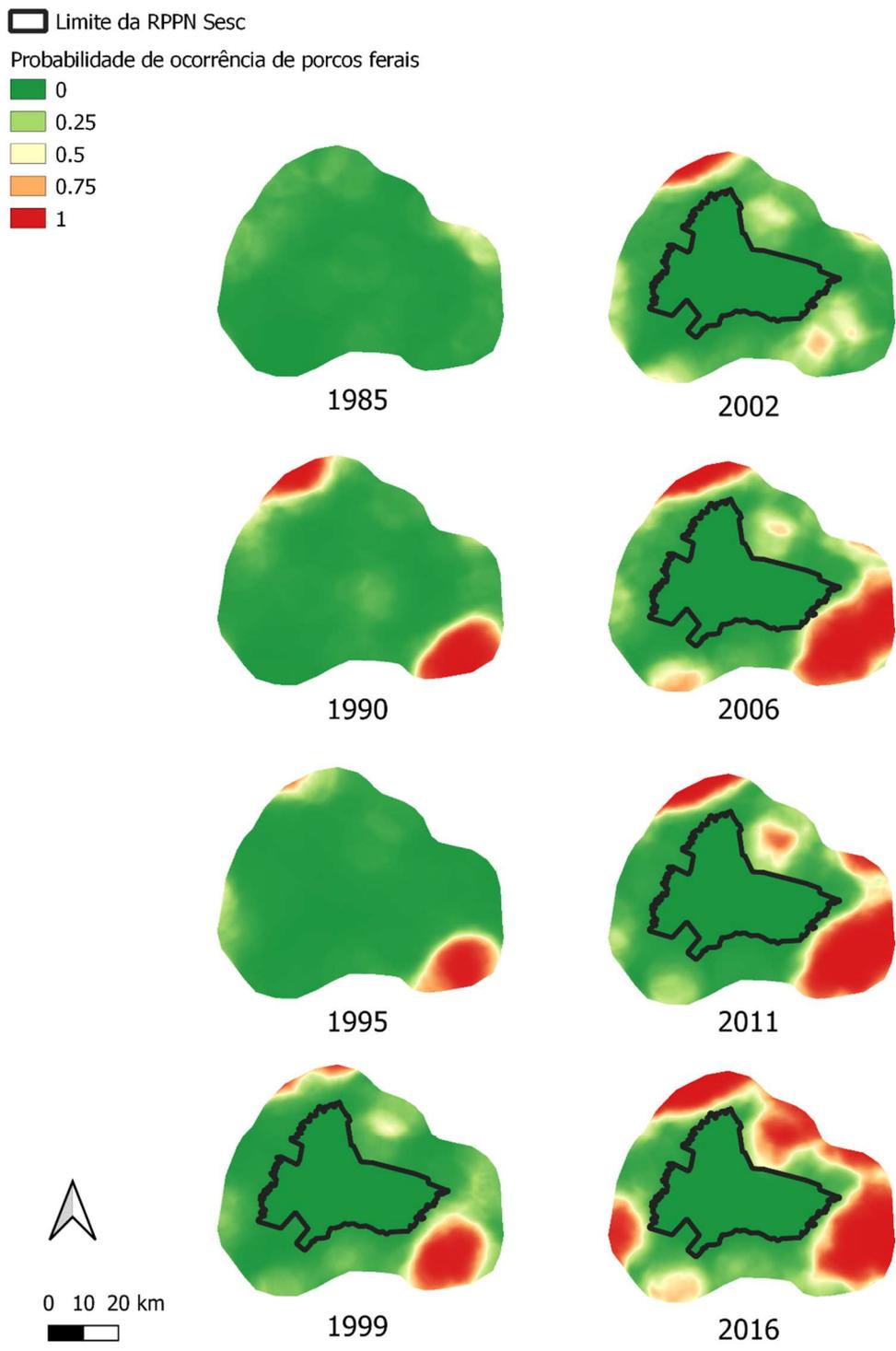


Figura I.S2. Mapas com as probabilidades de ocorrência de porcos feris na região nordeste do Pantanal para o período de oito anos, gerados a partir do modelo mais plausível para o conjunto de dados de ocupação e detecção coletados com armadilhas fotográficas entre os anos de 2010 e 2012.

## CAPÍTULO II

### A invasão do porco feral (*Sus scrofa*) no Brasil: um balanço de 25 anos de controle

\* Artigo original elaborado de acordo com o formato do periódico *Biota Neotropica* (seção “Point of View”)

#### Resumo

O porco feral (*Sus scrofa*) é uma espécie de origem eurásiana e invasora no Brasil, responsável por prejuízos para a economia rural. A caça de controle da espécie foi iniciada em 1995, com o recrudescimento de problemas advindos da invasão de javalis a partir do Uruguai e do escape de animais de criadouros. Desde então, essa caça é realizada voluntariamente, seguindo diferentes normas que foram criadas e focadas em técnicas de controle, incluindo um hiato de dois anos em que ela foi proibida. Apenas em 2017 foi criado em plano nacional de controle para a espécie. A eficiência de técnicas utilizadas de forma massiva (com cães) ainda não parece ter sido avaliada no país, inclusive quanto aos riscos. Sugerimos o planejamento de longo prazo com objetivos definidos, considerando previamente variáveis importantes para a ocorrência da espécie em escala regional e a combinação de estratégias de captura, já que a caça deve servir como meio e não como finalidade do controle.

**Palavras chave:** controle da invasão, espécie invasora, caça, legislação de caça, javali

#### Introdução

O porco feral (*Sus scrofa*) é uma espécie de origem eurásiana e norte-africana que foi introduzida em todos os continentes, à exceção da Antártida (Keuling & Leus 2019). Sua forma domesticada foi trazida ao continente americano durante a colonização europeia, tornando-se selvagem logo no início do século XIV (Mayer 2017). Desde então, a forma feralizada é considerada prejudicial à economia rural na América do Norte e na Oceania, sendo responsável por perdas na agricultura (sorgo, milho trigo, aveia cevada, cana de açúcar, hortaliças e frutas), e na pecuária, pela circulação de doenças (Bengsen et al. 2017, Mayer 2017). Nos Estados Unidos, uma estimativa

conservadora aponta prejuízos na ordem de US\$ 800 milhões/ano (Pimentel et al. 2005).

No Brasil, apesar de queixas recorrentes de produtores rurais veiculadas na mídia em diferentes regiões do país, não há informação consolidada das perdas econômicas no setor. Por outro lado, alguns estudos apontam a circulação de patógenos em porcos ferais que estão causando doenças em animais domésticos, como a *Campylobacter jejuni* (Scarcelli et al. 2005), a toxoplasmose (Fornazari et al. 2009), a leptospirose (Fornazari et al. 2011) e diversos outros patógenos que causam linfadenite (Lara et al. 2011). Essas são também consideradas zoonoses, onde a transmissão para humanos pode ocorrer por via oral, respiratória, conjuntival e transdérmica, também através de feridas na pele, cuja exposição é aumentada em eventos de caça (Ruiz-Fons 2017).

A forma invasora de *Sus scrofa* resulta de cruzamentos entre o javali “puro” de sua região de origem (cariótipo  $2n = 36$ ) e os diferentes polimorfismos de formas domesticadas existentes para *Sus scrofa* (Gimenez et al. 2003). O processo de invasão dessa espécie no país ocorreu em diferentes circunstâncias. A população feralizada do Pantanal (denominada “porco-monteiro”) colonizou ambientes naturais daquela região há mais de 200 anos, provavelmente em razão de indivíduos domesticados que escaparam durante o período da Guerra do Paraguai (Desbiez et al. 2011). Já a invasão do javali dito “puro” no país ocorreu através de dois tipos de eventos: (1) através de animais que atravessaram a fronteira com o Uruguai, provavelmente facilitada pela seca do rio Jaguarão no ano de 1989, cuja população seguramente estava estabelecida no início da década seguinte no estado do Rio Grande do Sul (Valério 1999) e (2) do escape e soltura de indivíduos criados em cativeiro – em grande parte irregular – em diversas regiões do país (Deberdt & Scherer 2007).

Ao contrário do que acontece nos Estados Unidos, Austrália e Nova Zelândia, há a percepção de que na América do Sul (Brasil, incluído) o problema das espécies invasoras em geral é pouco pesquisado, como reflexo do baixo nível de interesse político e cultural da sua população, que lida com ele apenas quando há ameaça aos sistemas produtivos (Speziale et al. 2012). Neste ensaio apresentaremos um histórico de como as normas de controle do porco feral evoluíram no Brasil e da efetividade das ações de monitoramento e manejo, com recomendações de ajustes nos processos de governança da política pública de controle.

## **Histórico Normativo**

Até a década de 90, o porco feral não era tratado como um problema de caráter nacional. Porém, com a invasão de javalis a partir do Uruguai, os escapes de indivíduos de criadouros clandestinos e autorizados que foram encerrados no ano de 1998 (Portaria IBAMA nº 102/1998), as solturas deliberadas para fins cinegéticos e as queixas crescentes de produtores rurais, o poder público se viu pressionado a tomar iniciativas para o controle da espécie na natureza. Assim, a caça amadorista de controle do javali e das demais formas feralizadas do porco doméstico foi autorizada pela Portaria IBAMA nº 7/1995 apenas no Estado do Rio Grande do Sul, em caráter experimental, por três meses e meio, e reeditada apenas na década seguinte (Portaria IBAMA nº 138/2002, Instruções Normativas (IN) IBAMA nº 25/2004 e 71/2005). Para que a autorização fosse emitida, era necessária uma vistoria de avaliação da proposta de controle, que variava basicamente entre a caça com “ceva” (isca) e espera em um “girau” (estrutura a ~2-3 m acima do solo), e a perseguição com cães treinados.

No entanto, os questionamentos realizados por entidades de bem-estar animal, aliado à falta de interesse institucional e de recursos humanos para o monitoramento durante as campanhas de caça, precipitaram, em outubro de 2010, a revogação da IN IBAMA nº 71/2005 com a publicação da IN IBAMA nº 08/2010. Com ela, durante pouco mais de dois anos, foi proibida a caça de controle do javali e demais formas feralizadas do porco doméstico. Até que, no início do ano de 2013, a pressão do agronegócio em razão dos crescentes prejuízos causados nas propriedades do sul e sudeste do país, associada à dimensão do problema sanitário para a criação de suínos (Scarcelli et al. 2005, Lara et al. 2011), levou o órgão responsável a publicar a IN IBAMA nº 03/2013.

Dado o agravamento do problema, participaram da elaboração da IN IBAMA nº 03/2013, além do próprio IBAMA, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a Embrapa e o Exército. Mais detalhada em relação às anteriores, a norma estabeleceu que o controle do javali e demais formas feralizadas deve ser realizado apenas por meios físicos, sem uso de substâncias químicas (à exceção de anestésicos, para contenção). O uso de armadilhas é permitido somente para manutenção do animal vivo, sem feri-lo. Apenas em casos excepcionais é permitido o transporte de animais vivos, sendo obrigatório que sejam abatidos no local de captura, sem limite de quantidade de indivíduos. O produto ou subproduto do abate não pode ser distribuído ou comercializado. A aquisição, transporte e uso de armas de fogo deve

observar regramento específico estabelecido pelo Exército (Portaria Colog nº 51/2015). Aqueles que pretendem participar do controle de javalis e demais formas feralizadas, devem estar registrados no Cadastro Técnico Federal (CTF) do IBAMA, com a apresentação de relatórios trimestrais de manejo.

Transcorridos aproximadamente seis anos, a IN IBAMA nº 03/2013 foi parcialmente substituída pela IN IBAMA nº 12/2019, atualmente vigente. Nela fica instituído que as declarações e relatórios de manejo do javali e demais formas feralizadas do porco doméstico devem constar em um novo sistema eletrônico específico, denominado SIMAF (Sistema Integrado de Manejo de Fauna). Também houve avanço no maior detalhamento dos instrumentos de controle: (1) exige maior proteção aos cães (vacinação em dia e colete de proteção aos “cães de agarre”), (2) permite o uso de substâncias químicas como forma de abate, mediante autorização prévia, e (3) padroniza a jaula do tipo curral, desenvolvida na região sul do país, de forma circular e com 4 m de raio, para atração e captura de grupos de porcos ferais, conforme modelo descrito no anexo da norma.

### **Ações de Monitoramento e Controle**

Desde o início da normatização da caça de controle de porcos ferais no país, a caça com cães é tratada como técnica de referência (Deberdt & Scherer 2007). De forma geral, mesmo que as normas mais recentes de controle do porco feral abram espaço para diferentes métodos de captura, parece continuar havendo uma acentuada preferência pelo uso de cães na atividade. Isso acontece por opção dos caçadores: 86,6% (de 123) responderam a um questionário aplicado por pesquisadores em escala nacional informando que utilizam cães na atividade de caça a porcos ferais (Rosa et al. 2018). No Pantanal, o resultado é similar: 84% de 97 caçadores entrevistados (Desbiez et al. 2011). Essa situação parece ser reflexo de uma cultura anterior de caça de mamíferos silvestres nativos, com adaptação das matilhas para a perseguição a porcos ferais. Apesar do sucesso no uso de cães para a captura (Caley & Ottley 1995), animais mal treinados podem atacar outras espécies da fauna nativa (Massei et al. 2011).

A retomada da caça de controle no ano de 2013 (IN IBAMA nº 03/2013) viabilizou autorizações online (via CTF/IBAMA, atualmente também pelo SIMAF) para a população em geral participar do manejo de porcos ferais. Se por um lado esse sistema tornou mais acessível o envolvimento de um maior número de caçadores/manejadores,

por outro, pode amplificar problemas advindos da falta de experiência dessas pessoas para a atividade. Esta situação deriva do caráter amadorista e recreacional da caça de controle executada no país. Na Argentina, observou-se que as atividades de caça realizadas de forma isolada podem ser planejadas para manter o recurso disponível, e não para o controle ou erradicação do porco feral (Ballari et al. 2015). Nesse sentido, Carvalho et al. (2019) recomendam aos tomadores de decisão no Brasil a avaliação (1) da eficácia de controle usando um modelo populacional totalmente parametrizado; (2) do potencial de resultados perversos da caça esportiva como parte do controle de porcos ferais, incluindo o fomento dos mercados de carne desses porcos e das oportunidades de caça, com incentivo à manutenção das populações de porcos ferais e sua introdução fora da área de distribuição; e (3) os impactos indiretos na fauna nativa como resultado de atividades de caça.

Recentemente, houve um esforço interministerial do governo federal envolvendo o Ministério do Meio Ambiente e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para superar a falta de planejamento, culminando com a publicação do Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Javali (*S. scrofa*) no Brasil (Oliveira 2017). O plano estabelece como objetivo geral “Conter a expansão territorial e demográfica do javali no Brasil e reduzir os seus impactos, especialmente em áreas prioritárias de interesse ambiental, social e econômico”. Conta também com sete objetivos específicos, dos quais é listado o 3º: “Monitorar a abundância, distribuição e condição sanitária das populações de javalis, seus impactos socioeconômicos e ambientais, bem como a efetividade das atividades de prevenção e controle”. Prevê também uma série de ações planejadas para serem executadas até o final do ano de 2021. Apesar do Plano Nacional estabelecer uma série de oficinas e treinamentos para os manejadores/caçadores, com o objetivo de uniformizar as ações de controle em campo, a iniciativa para estas ações segue sendo individual e realizada pela sociedade civil, com pouco apoio, articulação e acompanhamento do estado brasileiro.

### **Considerações Finais**

Mesmo após 25 anos desde a publicação da primeira norma que regulamentou o controle do javali e demais formas feralizadas do porco doméstico no Brasil, os resultados são pouco conhecidos. A exceção é o trabalho de Rosa et al. (2018) que, em apertada síntese, traça um perfil dos controladores e estima o número de animais

abatidos por caçador. Ainda assim, não há uma avaliação da eficiência dos métodos de controle adotados. O que se sabe é que a espécie vem aumentando a sua área de ocorrência no território brasileiro (Pedrosa et al. 2015). Apesar da (lenta) evolução das normas, a governança do poder público segue tratando uma atividade que deveria ser de controle, como sendo esportiva e recreacional. Delega-se a escolha de como e quando controlar o porco feral aos caçadores/manejadores, o que pode tornar uma espécie nociva em recurso cinegético de interesse crescente. No entanto, há boas evidências de sucesso na adoção de diferentes estratégias de controle populacional de porcos ferais, baseadas em diferentes condições ambientais: sob condições favoráveis (abundância de recursos), reduzir a população de juvenis; sob condições desfavoráveis (escassez de recursos), focar o abate em fêmeas adultas (Bieber & Ruf 2005). Portanto, se recomenda ajustes na abordagem do controle do porco feral no Brasil, com a definição de um planejamento contínuo e de longo prazo em unidades territoriais de manejo, integrado, que contemple: (1) objetivos, estratégias e indicadores claros, baseados (2) em resultados científicos prévios sobre variáveis que são importantes e explicam a ocorrência da espécie em escala regional/unidades territoriais de manejo (conforme capítulo 1 desta tese), (3) na utilização de diferentes formas de uso da terra para melhorar a eficiência do (s) método (s) de controle adotados (conforme capítulo 1 desta tese) e (4) na combinação de diferentes estratégias e técnicas de captura e abate, com ajuste frequente de acordo com a sua eficiência e risco para outras espécies, sempre levando em conta que a caça deve servir como meio e não como finalidade da atividade de controle.

## **Agradecimentos**

Somos gratos a Andreas Kindel, Demétrio L. Guadagnin, Clarissa A. da Rosa e Jan K. F. Mahler Jr. pela revisão de versão anterior deste artigo.

## **Referências Bibliográficas**

BALLARI, S.A., CUEVAS, M.F., CIRIGNOLI, S. & VALENZUELA, A.E.J. 2015. Invasive wild boar in Argentina: using protected areas as a research platform to determine distribution, impacts and management. *Biol. Invasions* 17(6):1595–

1602.

- BENGENSEN, A.J., WEST, P. & KRULL, C.R. 2017. Feral pigs in Australia and New Zealand: Range, Trend, Management, and Impacts of an Invasive Species. In Ecology, Conservation and Management of Wild Pigs and Peccaries (M. Melletti & E. Meijaard, eds) Cambridge University Press, Canberra, p.325–338.
- BIEBER, C. & RUF, T. 2005. Population dynamics in wild boar *Sus scrofa*: Ecology, elasticity of growth rate and implications for the management of pulsed resource consumers. *J. Appl. Ecol.* 42(6):1203–1213.
- CALEY, P. & OTTLEY, B. 1995. The effectiveness of hunting dogs for removing feral pigs (*Sus scrofa*). *Wildl. Res.* 22(2):147–154.
- CARVALHO, W.D., MUSTIN, K., PAULINO, J.S., ADANIA, C.H. & ROSALINO, L.M. 2019. Recreational hunting and the use of non-selective traps for population control of feral pigs in Brazil. *Biodivers. Conserv.* 28(11):3045–3050.
- DEBERDT, A.J. & SCHERER, S.B. 2007. O javali asselvajado: Ocorrência e manejo da espécie no Brasil. *Nat. Conserv.* 5(2):31–44.
- DESBIEZ, A.L.J., KEUROGHLIAN, A., PIOVEZAN, U. & BODMER, R.E. 2011. Invasive species and bushmeat hunting contributing to wildlife conservation: The case of feral pigs in a Neotropical wetland. *Oryx* 45(1):78–83.
- FORNAZARI, F., CAMOSSO, L.G., SILVA, R.C., GUAZZELLI, A., RIBEIRO, M.G., CHIACCHIO, S.B. & LANGONI, H. 2011. Leptospiral antibodies in wild boars (*Sus scrofa*) bred in Brazil. *J. Venom. Anim. Toxins Incl. Trop. Dis.* 17(1):94–97.
- FORNAZARI, F., LANGONI, H., DA SILVA, R.C., GUAZZELLI, A., RIBEIRO, M.G. & CHIACCHIO, S.B. 2009. *Toxoplasma gondii* infection in wild boars (*Sus scrofa*) bred in Brazil. *Vet. Parasitol.* 164:333–334.
- GIMENEZ, D.L., MOTA, L.S.L.S., CURI, R.A., ROSA, G.J.M., GIMENES, M.A., LOPES, C.R. & LUCCA, E.J. 2003. Análise cromossômica e molecular do javali europeu *Sus scrofa scrofa* e do suíno doméstico *Sus scrofa domesticus*. *Brazilian Journal Vet. Res. Anim. Sci.* 40:146–154.
- KEULING, O. & LEUS, K. 2019. *Sus scrofa*. IUCN Red List Threat. Species 2019 e.T41775A44141833.

- LARA, G.H.B., RIBEIRO, M.G., LEITE, C.Q.F., PAES, A.C., GUAZZELLI, A., SILVA, A.V. da, SANTOS, A.C.B. & LISTONI, F.J.P. 2011. Occurrence of *Mycobacterium* spp. and other pathogens in lymph nodes of slaughtered swine and wild boars (*Sus scrofa*). Res. Vet. Sci. 90:185–188.
- MASSEI, G., ROY, S. & BUNTING, R. 2011. Too many hogs? A review of methods to mitigate impact by wild boar and feral hogs. Human-Wildlife Interact. 5(1):79–99.
- MAYER, J.J. 2017. Introduced Wild Pigs in North America: History, Problems and Management. In Ecology, Conservation and Management of Wild Pigs and Peccaries (M. Melletti & E. Meijaard, eds) Cambridge University Press, Canberra, p.299–312.
- OLIVEIRA, C.H.S. 2017. Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Javali (*Sus scrofa*) no Brasil. Governo Federal (MMA e MAPA). Brasília, 116 pp.
- PEDROSA, F., SALERNO, R., VINICIUS, F., PADILHA, B. & GALETTI, M. 2015. Current distribution of invasive feral pigs in Brazil: economic impacts and ecological uncertainty. Nat. Conserv. 13:84–87.
- PIMENTEL, D., ZUNIGA, R. & MORRISON, D. 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. Ecol. Econ. 52:273–288.
- ROSA, C.A. Da, WALLAU, M.O. & PEDROSA, F. 2018. Hunting as the main technique used to control wild pigs in Brazil. Wildl. Soc. Bull. 42(1):111–118.
- RUIZ-FONS, F. 2017. A Review of the Current Status of Relevant Zoonotic Pathogens in Wild Swine (*Sus scrofa*) Populations: Changes Modulating the Risk of Transmission to Humans. Transbound. Emerg. Dis. 64(1):68–88.
- SCARCELLI, E., PIATTI, R.M., HARAKAVA, R., MIYASHIRO, S., DE CAMPOS FERNANDES, F.M., CAMPOS, F.R., FRANCISCO, W., GENOVEZ, M.É. & RICHTZENHAIN, L.J. 2005. Molecular subtyping of *Campylobacter jejuni* subsp. *jejuni* strains isolated from different animal species in the state of São Paulo, Brazil. Brazilian J. Microbiol. 36:378–382.
- SPEZIALE, K.L., LAMBERTUCCI, S.A., CARRETE, M. & TELLA, J.L. 2012. Dealing with non-native species: What makes the difference in South America? Biol. Invasions 14(8):1609–1621.

VALÉRIO, L.A.J. 1999. Ocorrência e alimentação da linhagem javali (*Sus scrofa*, Mammalia, Artiodactyla) em estado silvestre no sudoeste do Rio Grande do Sul, Brasil. Tese de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 56 pp.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No 1º capítulo, mostramos como a ocorrência do porco feral pode ser descrita através de um modelo hierárquico de ocupação de sítios no nordeste do Pantanal. A partir de registros de porcos ferais em armadilhas fotográficas entre os anos de 2010 e 2012, o modelo com menor perda de informação e que melhor explica a ocorrência de porcos ferais é formado pelas seguintes variáveis:

- Uma classe de cobertura da terra, a pastagem, com efeito positivo para a ocorrência de porcos ferais, em uma ampla escala de efeito (8.970 metros);
- A obstrução em frente às câmeras (efeito negativo para a detecção), e o tipo de local (tanques ou barreiros), com efeito positivo dos tanques e negativo dos barreiros;
- A presença de uma unidade de conservação (RPPN Sesc Pantanal), criada no ano de 1997, com efeito negativo para a ocorrência de porcos ferais.

A partir de mapas classificados de composição da paisagem, extrapolamos o modelo acima, no sentido de estimar a ocorrência média de porcos ferais em oitos anos, desde 1985 até 2016. Foi possível identificar um aumento de 7,86 vezes na probabilidade de ocorrência da espécie na região. Na área da reserva, a crise nas fazendas de pecuária no final da década de 90 e a aquisição dessas para criação da RPPN Sesc Pantanal em 1997 (Brandão et al. 2011), tiveram reflexo nos ambientes preferenciais e de áreas fonte do porco feral, com redução de 21,59 vezes na probabilidade de ocorrência da espécie desde 1990. Enquanto isso, fora da mesma a probabilidade aumentou 9,35 vezes em 32 anos, acompanhando o crescimento das áreas de pastagens para a criação de gado no entorno, como de resto foi um padrão observado no estado do Mato Grosso nas duas últimas décadas (Simões et al. 2020).

Com o resultado do 1º capítulo, encontramos boas evidências de que o planejamento regional do uso da terra pode auxiliar na estratégia de controle dessa espécie invasora. Nesse sentido, propomos no 2º capítulo da tese, a partir de uma avaliação crítica da forma como se executa o controle do porco feral no Brasil, uma abordagem mais estratégica, com definição de objetivos claros do que se deseja como resultado do controle. Sugerimos maior foco em um plano de longo prazo, baseado na aferição constante do que explica a ocorrência do porco feral em escala regional, utilizando ferramentas de análise robustas como aquelas utilizadas no 1º capítulo. Esse plano deve ser adicionado da combinação de diferentes técnicas de captura e abate, com constante acompanhamento para ajuste de acordo com a sua eficiência e risco para outras espécies, retirando com isso o caráter

excessivamente esportivo e amadorista que a caça de controle do porco feral parece apresentar no país.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baker HG, Stebbins GL (1965) *The Evolution of Colonizing Species*. Academic Press. New York
- Bengsen AJ, West P, Krull CR (2017) Feral pigs in Australia and New Zealand: Range, Trend, Management, and Impacts of an Invasive Species. In: Melletti M, Meijaard E (eds) *Ecology, Conservation and Management of Wild Pigs and Peccaries*. Cambridge University Press, Canberra, pp 325–338
- Brandão LG, Antas PTZ, Oliveira LFB, et al (2011) *Plano de Manejo da Reserva Particular de Patrimônio Natural do Sesc Pantanal*, 2ª ed. Serviço Social do Comércio, Departamento Nacional, Rio de Janeiro
- Cagri F di (1989) History of Biological Invasions with Special Emphasis on the Old World. Chapter 1. In: Drake JA (ed) *Biological Invasions: a Global Perspective*. John Wiley & Sons Ltd, pp 1–30
- Cole RJ, Litton CM (2014) Vegetation response to removal of non-native feral pigs from Hawaiian tropical montane wet forest. *Biol Invasions* 16:125–140. <https://doi.org/10.1007/s10530-013-0508-x>
- Cordeiro JLP, Hofmann GS, Fonseca C, Oliveira LFB (2018) Achilles heel of a powerful invader: Restrictions on distribution and disappearance of feral pigs from a protected area in Northern Pantanal, Western Brazil. *PeerJ* 2018:. <https://doi.org/10.7717/peerj.4200>
- Davis MA (2006) *Invasion Biology 1958-2005: the pursuit of science and conservation*. Chapter 3. In: Cadotte MW, McMahon SM, Fukami T (eds) *Conceptual ecology and invasion biology*. Springer, pp 35–64
- Dénes F V., Tella JL, Zulian V, et al (2018) Combined impacts of multiple non-native mammals on two life stages of a critically endangered Neotropical tree. *Biol Invasions* 20:3055–3068. <https://doi.org/10.1007/s10530-018-1758-4>
- Desbiez ALJ, Keuroghlian A, Piovezan U, Bodmer RE (2011) Invasive species and bushmeat hunting contributing to wildlife conservation: The case of feral pigs in a Neotropical wetland. *Oryx* 45:78–83. <https://doi.org/10.1017/S0030605310001304>

- Donkin RA (1985) *The Peccary - With Observations on the Introduction of Pigs to the New World*. The American Philosophical Society, Philadelphia
- Elton CS (1958) *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*. Methuen. London
- Graitson E, Barbraud C, Bonnet X (2019) Catastrophic impact of wild boars: insufficient hunting pressure pushes snakes to the brink. *Anim Conserv* 22:165–176. <https://doi.org/10.1111/acv.12447>
- Hofmann GS, Coelho IP, Bastazini VAG, et al (2016) Implications of climatic seasonality on activity patterns and resource use by sympatric peccaries in northern Pantanal. *Int J Biometeorol* 60:421–433. <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1040-8>
- Keuling O, Leus K (2019) *Sus scrofa*. In: IUCN Red List Threat. Species 2019
- Kolar CS, Lodge DM (2001) Progress in invasion biology: predicting invaders. *Trends Ecol Evol* 16:199–204. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(01\)02101-2](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(01)02101-2)
- Long MS, Litton CM, Giardina CP, et al (2017) Impact of nonnative feral pig removal on soil structure and nutrient availability in Hawaiian tropical montane wet forests. *Biol Invasions* 19:749–763. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1368-6>
- Luskin MS, Ickes K, Yao TL, Davies SJ (2019) Wildlife differentially affect tree and liana regeneration in a tropical forest: An 18-year study of experimental terrestrial defaunation versus artificially abundant herbivores. *J. Appl. Ecol.* 56:1379–1388
- Mayer JJ (2017) Introduced Wild Pigs in North America: History, Problems and Management. In: Melletti M, Meijaard E (eds) *Ecology, Conservation and Management of Wild Pigs and Peccaries*. Cambridge University Press, Canberra, pp 299–312
- Oja R, Soe E, Valdmann H, Saarma U (2017) Non-invasive genetics outperforms morphological methods in faecal dietary analysis, revealing wild boar as a considerable conservation concern for ground-nesting birds. *PLoS One* 12:1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179463>
- Rosa CA Da, Wallau MO, Pedrosa F (2018) Hunting as the main technique used to control wild pigs in Brazil. *Wildl Soc Bull* 42:111–118. <https://doi.org/10.1002/wsb.851>

- Ruiz-Fons F (2017) A Review of the Current Status of Relevant Zoonotic Pathogens in Wild Swine (*Sus scrofa*) Populations: Changes Modulating the Risk of Transmission to Humans. *Transbound Emerg Dis* 64:68–88.  
<https://doi.org/10.1111/tbed.12369>
- Sicuro FL, Neves LFM, Oliveira LFB (2011) Sex- and age-related morphofunctional differences in skulls of *Tayassu pecari* and *Pecari tajacu* (Artiodactyla: Tayassuidae). *J Mammal* 92:828–839. <https://doi.org/10.1644/10-MAMM-A-336.1>
- Sicuro FL, Oliveira LFB (2002) Coexistence of peccaries and feral hogs in the Brazilian pantanal wetland: An ecomorphological view. *J Mammal* 83:207–217.  
[https://doi.org/10.1644/1545-1542\(2002\)083<0207:COPAFH>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1644/1545-1542(2002)083<0207:COPAFH>2.0.CO;2)
- Simberloff D, Martin JL, Genovesi P, et al (2013) Impacts of biological invasions: what’s what and the way forward. *Trends Ecol Evol* 28:58–66.  
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.07.013>
- Simões R, Picoli MCA, Camara G, et al (2020) Land use and cover maps for Mato Grosso State in Brazil from 2001 to 2017. *Sci Data* 7:1–10.  
<https://doi.org/10.1038/s41597-020-0371-4>