

USO DE HABITAT E PADRÃO DE ATIVIDADE DO JAVALI EM ÁREAS DO DOMÍNIO ATLÂNTICO

TATIANA DE ASSIS MORAIS

São João del-Rei

2017

TATIANA DE ASSIS MORAIS

**USO DE HABITAT E PADRÃO DE ATIVIDADE DO JAVALI EM ÁREAS DO
DOMÍNIO ATLÂNTICO**

Orientador: Dr. Cristiano Schetini de Azevedo

Coorientadora: Dra. Clarissa Alves da Rosa

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial à obtenção do título de mestre.

São João del-Rei

2017

Nome: Tatiana de Assis Moraes

Título: USO DE HABITAT E PADRÃO DE ATIVIDADE DO JAVALI EM ÁREAS DO DOMÍNIO ATLÂNTICO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial à obtenção do título de mestre.

Aprovado em: 31/07/2017

Banca Examinadora

Prof. Dr. Cristiano Schetini de Azevedo (Orientador)

Universidade Federal de Ouro Preto

Prof. Dra. Luciana Barçante (membro titular)

Universidade Estadual do Rio de Janeiro

Prof. Dra. Gislene Carvalho de Castro (membro titular)

Universidade Federal de São João del-Rei

Apoio e Colaborações



Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus pelas lindas oportunidades e os belos caminhos que ele me ofereceu durante a vida; é isso que me move como pessoa, bióloga, cientista e daqui para frente ecóloga.

Aos meus pais Célia Baeta de Assis Moraes e Valter Moraes (in memoriam), pois sem eles nada disso teria acontecido, nenhum desses sonhos se realizariam; obrigada mãe por estar comigo, por me apoiar independente das minhas decisões e por ser meu porto seguro onde quer que eu vá.

Ao meu orientador Cristiano Schetini de Azevedo, por ter me aceitado como orientanda, pelo apoio, pela confiança e pela disposição e colaboração.

À minha coorientadora Clarissa Alves da Rosa, que sempre foi sem dúvidas muito mais do que isso (amiga, mãe), muito obrigada por ser minha parceira desde a graduação, pelas conversas, incentivos e puxões de orelha. Eu sempre disse isso a você e volto a repetir, você é um exemplo de mulher e de profissional para mim e foi a melhor coisa que a vida acadêmica me deu. Aprendi muito com você, te admiro, te respeito como profissional, mas acima de tudo como pessoa, você é nota 1000! Agradeço ao universo todos os dias por ter te conhecido, sem você nada disso hoje seria possível.

Aos parceiros do Projeto Professor Marcelo Passamani, Professor Pedro Santos e Arleu Viana pelas discussões e ideias, vocês ajudaram a tornar isso possível, pois ninguém trabalha sozinho.

Aos meus colegas, amigos e parceiros de campo e de análises estatísticas que conheci ao longo dessa jornada (Karen, Éder, Adriele, Fernanda, Tetê, Marcelo).

Aos professores da ecologia da UFSJ pelas aulas, aprendizados durante o curso e pela prontidão em sempre tentar resolver nossos problemas da melhor maneira possível.

A todos os meus amigos e familiares que mesmo distantes estão tão perto.

Ao meu namorado e companheiro de vida Marley Ribeiro; obrigada pela paciência, cumplicidade, ajuda em campo e ajuda com as análises também, Te amo.

A todos que contribuíram direta e indiretamente para esse trabalho meu muito obrigado.

Sumário

RESUMO GERAL	7
ABSTRACT	8
INTRODUÇÃO GERAL	9
CAPÍTULO 1– Uso de habitat e padrão de atividade do javali em áreas de Mata Atlântica	
RESUMO.....	16
ABSTRACT	17
1 INTRODUÇÃO	18
2 MATERIAL E MÉTODOS	22
2.1 Área de Estudo.....	22
2.2 Amostragem do javali e variáveis ambientais.....	24
2.3 Análise de Dados.....	25
2.3.1 Uso do habitat	26
2.3.2 Padrão de atividade.....	27
3 RESULTADOS	28
3.1 Uso do habitat por javalis	28
3.2 Padrão de atividade dos javalis	30
4 DISCUSSÃO	32
4.1 Uso do habitat pelos javalis nas áreas de estudo	32
4.2 Padrão de atividade dos javalis nas áreas de estudo	34
5 CONCLUSÃO GERAL	35
6 IMPLICAÇÕES PARA O MANEJO	37
REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	38
ANEXOS	48

Resumo Geral

As espécies exóticas invasoras são uma das principais causas de perda de biodiversidade no mundo devido à grande capacidade de competição, predação e modificação do ambiente, afetando a fauna e flora nativas da região e causando grandes prejuízos para o ser humano. O Brasil não possui muitas informações sobre espécies invasoras da fauna exótica, especialmente sobre vertebrados terrestres e seus impactos sobre os ecossistemas. Diante disso, esta dissertação de mestrado teve o objetivo de sistematizar as informações referentes à espécie *Sus scrofa* em duas Unidades de Conservação importantes para a manutenção do domínio Atlântico; o Parque Nacional do Itatiaia e a Reserva Particular do Patrimônio Natural Alto-Montana. Neste trabalho, eu apresento uma introdução geral, com um breve histórico sobre o javali, suas características ecológicas e biológicas relacionadas ao sucesso de invasão, impactos conhecidos, histórico de introdução na área de estudo e sua distribuição nesses locais. No primeiro capítulo, eu avalei o uso do habitat e o padrão de atividade dos javalis no Parque Nacional do Itatiaia e na Reserva Particular do Patrimônio Natural Alto-Montana. Os resultados mostraram que o uso do habitat pelos javalis foi influenciado negativamente pela altitude e positivamente pela distância de construções humanas, além disso, eles foram mais ativos nas épocas mais quentes e úmidas do ano. Ainda, eles mudaram seu padrão de atividade de acordo com o tipo de manejo das áreas amostradas. O entendimento da ecologia do javali em florestas tropicais é fundamental para o entendimento da dinâmica da invasão e da tomada de decisões que tenham como principal objetivo reduzir os impactos dos javalis nos ecossistemas brasileiros.

Palavras-chave: Porcos selvagens, *Sus scrofa*, Florestas tropicais, Espécie exótica, Invasão Biológica

General Abstract

Exotic invasive species are one of the main causes of biodiversity loss in the world due to their great capacity of competition, predation and modification of the environment, thus affecting the native fauna and flora and causing great damages to human beings. Brazil has little available information on invasive exotic species, especially regarding terrestrial vertebrates and their impacts on the ecosystems. In this sense the present master dissertation aimed to systematize the information on the species *Sus scrofa* in two Conservation Units important for the maintenance of the Atlantic domain: the National Park of Itatiaia and the Particular Reserve of the Natural Patrimony Alto-Montana. In the present work, we presented a general introduction with a brief historic on boars, their ecological and biological characteristics related to the success on invading, known impacts, how they were introduced in our study area and their current distribution. In the first chapter, we evaluated the use of habitat and the pattern of activity of boars at the National Park of Itatiaia and the Particular Reserve of the Natural Patrimony Alto-Montana. We found that the use of habitat by boars was negatively influenced by the altitude and distance from human constructions, furthermore they were more active in hotter and wetter periods of the year. Furthermore, they changed the pattern of activity according to the type of management in the sampled area. Understanding the ecology of boars in tropical forests is fundamental for the comprehension of the invasion dynamics and decision making in order to reduce the impacts caused by them in Brazilian ecosystems.

Keywords: wild pigs, *Sus scrofa*, Tropical forests, Exotic species, Biological invasion

1 INTRODUÇÃO GERAL

As espécies são consideradas exóticas quando se encontram em uma área onde sua distribuição não é natural, sendo introduzidas geralmente pelo homem, de forma voluntária ou involuntária; se a espécie introduzida conseguir reproduzir sem auxílio humano e expandir sua distribuição no novo hábitat, ameaçando a biodiversidade nativa da região, os recursos naturais e a saúde humana, ela passa a ser considerada uma espécie exótica invasora (EEI) (IUCN, 2000). Essas espécies podem gerar danos ao ecossistema ao qual foram inseridas, além de afetar negativamente a fauna e a flora desses locais por meio de competição, predação e alteração de seu habitat (BOUGHTON & BOUGHTON, 2014; LONG, 2003). No Brasil, há uma preocupação crescente com essas espécies e suas consequências, porém os estudos estão concentrados em grupos como plantas e peixes (FREHSE *et al.*, 2016; ZENNI *et al.*, 2016). Já para os mamíferos, as informações são restritas à distribuição das espécies e ainda há lacunas a serem preenchidas, no entanto sabe-se que as invasões são especialmente problemáticas no Domínio Atlântico, que atualmente possui a maior concentração de mamíferos exóticos do Brasil, com destaque para o javali (ROSA, 2016; ROSA *et al.*, 2017; ZENNI *et al.*, 2016).

O Javali é um ungulado da família *Suidae* e pertence ao gênero *Sus*. Essa espécie é nativa da Eurásia e norte da África, sendo uma das primeiras espécies domesticadas e introduzidas intencionalmente pelo homem ao longo do mundo (COURCHAMP *et al.*, 2003; LONG, 2003). Os machos adultos pesam de 30 a 190kg e as fêmeas de 15 a 110kg (GONÇALVES & PASSAMANI, 2016; LONG, 2003). Os grupos são normalmente formados por fêmeas adultas e seus filhotes, que podem chegar até 10 por ninhada (LONG, 2003; MORELLE *et al.*, 2015; OLIVER, 1993) (Figura 1). Devido à alta taxa reprodutiva dos javalis, estes podem aumentar sua população anual em até 150% (GONÇALVES & PASSAMANI, 2016). O período gestacional desses animais é de 3 a 4 meses e pode ocorrer ao longo do ano todo, com 1 a 3 estações reprodutivas anuais, variando de acordo com os recursos disponíveis no ambiente (MASSEI *et al.*, 1996; OLIVER, 1993). No Brasil, um dos maiores problemas é a criação clandestina de javalis, pois esta permite que haja o cruzamento entre o javali e o porco doméstico, aumentando ainda mais a capacidade reprodutiva da espécie (BARRIOS-GARCIA & BALLARI, 2012; SALVADOR, 2012). Além disso, o Brasil possui imensas áreas contínuas de cultivos agrícolas que são utilizados como recurso alimentar pelo javali,

além de florestas altamente produtivas em recursos, que aumentam ainda mais a capacidade de dispersão e proliferação do javali no território nacional (ROSA, 2016).

Muitas Unidades de Conservação brasileiras têm sofrido com a invasão dos javalis e suas formas asselvajadas. Os gestores dessas áreas têm buscado soluções para amenizar os danos causados por esses animais ao ecossistema. Um exemplo é a Serra da Mantiqueira, que têm duas Unidades de Conservação que já possuem populações estabelecidas desses animais em sua forma feral: a Reserva Particular do Patrimônio Natural Alto-Montana (RPPN) e o Parque Nacional do Itatiaia (PNI) (ROSA, 2016), que são foco dos estudos realizados nesta dissertação. Os javalis têm sido um problema para essas áreas desde 2006, quando de acordo com a população local, foram soltos seis animais nas Terras Altas da Mantiqueira, município de Itanhandu (MG), vizinha ao município de Itamonte (MG), onde está inserida a RPPN e o PNI. Em apenas cinco anos, eles se estabeleceram e a sua população passou a ser um grave problema para produtores rurais locais e também para a vida selvagem, incluindo a destruição de hortas, lavouras, córregos e nascentes (ROSA, 2016). Nos anos de 2013 e 2014, cerca de 8,5 e 15,8 ind./km² de javalis viviam de forma feral no Parque Nacional do Itatiaia e RPPN Alto-Montana, respectivamente (GONÇALVES, 2015).

A Serra da Mantiqueira estende-se por três Estados: São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro e é uma das principais cadeias montanhosas da região sudeste do nosso país (ARTHUR & PÊGAS, 2013; COSTA *et al.*, 1998). A região da Serra da Mantiqueira tem muitas porções florestais importantes para a conservação do Domínio Atlântico, sendo, portanto uma área considerada insubstituível para a conservação e preservação da biodiversidade, abrigando inclusive espécies ameaçadas de extinção (DRUMOND *et al.*, 2005; LE SAOUT *et al.*, 2013). O município de Itamonte, em Minas Gerais, se destaca na conservação desta área, tendo 431,7 Km² de seu território localizado na Serra a Mantiqueira (ARTHUR & PÊGAS, 2013). Este município apresenta relevante importância na preservação e conservação dos remanescentes de Mata Atlântica, pois a cobertura vegetal original desse domínio representa cerca de 37% da área total do município (SOSMA/INPE, 2010).

Entre as Unidades de Conservação que Itamonte possui, a RPPN Alto-Montana e o Parque Nacional do Itatiaia se destacam pela preservação de recursos hídricos e da biodiversidade do Domínio Atlântico (DRUMOND *et al.*, 2005; LE SAOUT *et al.*,

2013) e possuem muitas nascentes, córregos e rios, que estão sendo impactados pelos javalis devido aos hábitos de pisoteamento e chafurdamento da espécie (ROSA, 2016) (Figura 2). Além disso, essas áreas possuem em suas matas a espécie *Araucaria angustifolia* (Figura 3), uma planta ameaçada de extinção na categoria “criticamente em perigo” da IUCN (THOMAS, 2013), que corre risco de ter sua população reduzida devido à presença dos javalis (GONÇALVES, 2015; ROSA, 2016). Esses animais utilizam o pinhão como recurso (ROSA, 2016) (Figura 4), reduzindo, dessa forma, a oferta de alimento das espécies nativas e a sobrevivência das sementes (SANGUINETTI & KITZBERGER, 2010; SHEPHERD & DITGEN, 2012). Devido à importância de conservação dos ecossistemas remanescentes de Mata Atlântica e a recente invasão do javali nesse ambiente, a avaliação do uso do habitat e o padrão de atividade dos javalis nos ecossistemas da Serra da Mantiqueira se tornam urgentes para melhor entendimento das invasões biológicas e suas consequências.



Figura 1: Um indivíduo adulto da espécie *Sus scrofa* com dois filhotes fotografado em 2013 na RPPN Alto-Montana, município de Itamonte (MG).



Figura 2: Córrego afetado por porcos selvagens *Sus scrofa* no Parque Nacional do Itatiaia, município de Itamonte, MG. Foto tirada por Clarissa Alves da Rosa, 2016.



Figura 3: Área localizada na RPPN Alto-Montana, mostrando a espécie *Araucaria angustifolia* muito importante como recurso para a fauna da região.



Figura 4: Javali consumindo pinha de *Araucaria angustifolia* na RPPN Alto-Montana em 2014. Foto tirada por armadilhas fotográficas instaladas no local.

Os dados utilizados no presente estudo fazem parte do Banco de Dados do Projeto intitulado “Javali da Mantiqueira”, que existe desde 2013 e é executado pelo Instituto Alto-Montana da Serra Fina (Itamonte - MG), em parceria com a Universidade Federal de Lavras (UFLA), Embrapa Suínos e Aves, e Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), na área do Parque Nacional do Itatiaia (PNI) (-22°26'14"N/-44°36'3"W e -22°20'23"S /-44°43'17"W) e na Reserva Particular do Patrimônio Natural Alto-Montana (RPPN) (-22°21'08"N/-44°48'04"W), localizadas no município de Itamonte, Minas Gerais, no sudeste do Brasil. O projeto “Javali da Mantiqueira” contou com várias linhas de ação voltadas para avaliação da ecologia e dos impactos sociais, ambientais, sanitários e do controle dos javalis no município de Itamonte, segundo Instrução Normativa (IN) do IBAMA N° 03/2013, de 31 de janeiro de 2013.

Essa dissertação se propõe a apresentar dados referentes à ecologia dos javalis obtidos através do Projeto “Javali da Mantiqueira”. No capítulo seguinte, avaliamos o uso do habitat e padrões de atividade do javali submetido a diferentes tipos de manejo na Serra da Mantiqueira.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

- ARTHUR, E.; PÊGAS, P. Plano de Manejo da Reserva Particular do Patrimônio Natural Alto- Montana da Serra Fina, Itamonte. 93p, 2013.
- BARRIOS-GARCIA, M.; BALLARI, S. Impact of wild boar (*Sus scrofa*) in its introduced and native range: a review. *Biological Invasions*, 14: 2283-2300, 2012.
- BOUGHTON, E.; BOUGHTON, R. Modification by an invasive ecosystem engineer shifts a wet prairie to a monotypic stand. *Biological Invasions*, 16: 2105-2114, 2014.
- COSTA, C.; HERRMANN, G.; MARTINS, C.; LINS, L.; LAMAS, I. Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação. Fundação Biodiversitas. Belo Horizonte, 94p, 1998.
- COURCHAMP, F.; CHAPUIS, J.; PASCAL, M. Mammal invaders on islands: impact, control and control impact. *Biological Reviews*, 78: 347-383, 2003.
- DRUMOND, G.; MARTINS, C.; MACHADO, A.; SEBAIO, F.; ANTONINI, Y.. Biodiversidade em Minas Gerais: um Atlas para sua conservação. Fundação Biodiversitas. Belo Horizonte, 17p, 2005.
- FREHSE, F.; BRAGA, R.; NOCERA, G.; VITULE, J. Non-native species and invasion biology in a megadiverse country: scientometric analysis and ecological interactions in Brazil. *Biol Invasions*, 18: 3713–3725, 2016.
- GONÇALVES, F. A invasão do javali na Serra da Mantiqueira: aspectos populacionais, uso do habitat e sua relação com o homem. 2015. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada da Universidade Federal de Lavras, Lavras, 92p, 2015.
- GONÇALVES, F.; PASSAMANI, M. A invasão do javali. *Ciência Hoje*, 336:1-6, 2016.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature). Guidelines for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species. Prepared by the Invasive Species Specialist Group. Gland Switzerland, 25 p, 2000.
- LE SAOUT, S.; HOFFMANN, M.; SHI, Y.; HUGLES, A.; BERNARD, C.; BROOKS, T.; BERTZKY, B.; BUTCHART, S.; STUART, S.; BADMAN, T.; RODRIGUES, A. Protected areas and effective biodiversity conservation. *Science*, 342:803-805, 2013.
- LONG, J. Introduced mammals of the world: their history distribution and influence. Collingwood: CSIRO, 2003.
- MASSEI, G.; GENOV, P.; STAINNESS, B. Diet, food availability and reproduction of wild boar in a Mediterranean coastal area. *Acta Theriologica*, 41: 307-320, 1996.
- MORELLE, K. *et al.* Towards understanding wild boar *Sus scrofa* movement: a synthetic movement ecology approach. *Mammal Review*, 45: 15–29, 2015.

OLIVER, W. (ed.). Pigs, peccaries and hippos: Status survey and conservation action plan. Gland: International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources, cap. 5: 179-191, 1993.

ROSA, C. Mamíferos exóticos invasores no Brasil: situação atual, riscos potenciais e impactos da invasão de porcos selvagens em florestas tropicais. Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação em Ecologia Aplicada da Universidade Federal de Lavras, Lavras, 160p, 2016.

ROSA, C; CURI, N; PUERTAS, F; PASSAMANI, M. Alien terrestrial mammals in Brazil: current status and management. *Biol. Invasions*, 23 p, 2017.

SALVADOR, C. Ecologia e Manejo de javali (*Sus scrofa* L.) na América do Sul. Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 152 p, 2012.

SANGUINETTI, J.; KITZBERGER, T. Factors controlling seed predation by rodents and non-native *Sus scrofa* in *Araucaria araucana* forests: potential effects on seedling establishment. *Biological Invasions*, 12: 689-706, 2010

SHEPHERD, J.; DITGEN, R. Rodent handling of *Araucaria araucana* seeds. *Austral Ecology*, 38: 23-32, 2012.

SOSMA/INPE. Atlas dos Remanescentes de Mata Atlântica. Disponível em: <<http://mapas.sosma.org.br/>>. Acesso em: 10 de março de 2017.

THOMAS, P. 2013. *Araucaria angustifolia*. The IUCN Red List of Threatened Species. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em 23 de janeiro de 2017.

ZENNI, R.; DECHOUM, M.; ZILLER, S. Dez anos do informe brasileiro sobre espécies exóticas invasoras: avanços, lacunas e direções futuras. *Biotemas*, 29:133–153, 2016.

Capítulo I: USO DE HABITAT E PADRÃO DE ATIVIDADE DO JAVALI EM ÁREAS DO DOMÍNIO ATLÂNTICO

Tatiana de Assis Morais¹, Clarissa Alves da Rosa², Cristiano Schetini de Azevedo³,
Arleu Viana⁴

¹Universidade Federal de São João del-Rei, ²Universidade Federal de Lavras,
³Universidade Federal de Ouro Preto, ⁴Universidade Federal de Minas Gerais

tdeassismorais@gmail.com.br

Resumo

As invasões biológicas são consideradas uma das principais causas de perda de biodiversidade no mundo, afetando tanto áreas com intensa atividade humana como áreas protegidas. O javali é considerado uma das 100 piores espécies invasoras do mundo e está presente na Serra da Mantiqueira, Mata Atlântica brasileira, pelo menos desde 2006. Nosso objetivo foi compreender quais os mecanismos da paisagem e climáticos afetam o padrão espaço-temporal das populações de javalis submetidos a diferentes tipos de manejo de caça. A coleta de dados foi realizada entre outubro de 2013 e setembro de 2016, na área do Parque Nacional do Itatiaia (PNI) e na Reserva Particular do Patrimônio Natural Alto-Montana (RPPN). Utilizamos 16 armadilhas fotográficas instaladas no PNI e RPPN com uma distância de 1 km uma da outra. Coletamos variáveis de paisagem, antrópicas e climáticas, e com esses dados avaliamos o uso do habitat do javali através de Modelos Mistos Generalizados (registros de javalis x variáveis ambientais). O padrão de atividade foi avaliado através do teste de uniformidade de Rayleigh, no software estatístico Oriana® 4.0, em áreas sem manejo, com manejo e com caça furtiva. Em ambas as áreas ocorreram 881 registros independentes de javalis, sendo 86,5% na RPPN e 13,5% no PNI, e uma média de $4,44 \pm 9,25$ indivíduos por registro independente. O javali exibiu preferência por locais de baixas altitudes, mais distantes de construções humanas, com umidade e temperatura mais elevadas. Além disso, eles mudaram seu padrão de atividade de acordo com o tipo de manejo das áreas amostradas. A partir do conhecimento sobre os hábitos, uso do espaço e padrão de atividade dos javalis é possível criar estratégias que visem o manejo concentrado em áreas de maior uso da espécie e utilização de técnicas que causem o menor estresse ou mudança de comportamento dos animais, que são responsáveis por aumento nos custos de controle da espécie. O controle das invasões biológicas é um importante objetivo para a conservação efetiva de *hotspots* como a Mata Atlântica.

Palavras-chave: Mata atlântica brasileira, espécies exóticas invasoras, *Sus scrofa*, Mamíferos introduzidos, Áreas protegidas

Abstract

Biological invasions are considered one of the main causes of biodiversity loss in the world, affecting both areas with intense human activity and protected areas. Boars are considered one of the 100 worst invasive species in the world, and they are present in the Serra da Mantiqueira (Brazilian Atlantic Forest) since 2006. We aimed to understand which landscape and climate mechanisms affect the spatial-temporal patterns of boar populations submitted to different types of hunt management. Data collection was conducted from October 2013 to September 2016 in the National Park of Itatiaia (PNI) and Particular Reserve of the Natural Patrimony Alto-Montana (RPPN). We used 16 camera-traps installed in both areas 1 km far from each other. We collected landscape, anthropic and climatic variables, with which we evaluated the use of habitat by boars through Generalized Mixed Models (boar records x environmental variables). The activity pattern was evaluated through the uniformity test of Rayleigh in the statistical software Oriana® 4.0, in areas without management, with management and with poaching. There were 881 independent records of boars for both areas, with 86.5% records for the RPPN and 13.5% for the PNI, with an average of 4.44 ± 9.25 individuals per independent record. Boars presented preference for low altitude sites, farther from human buildings, with higher moisture and temperature. Furthermore, they changed the pattern of activity according to the type of management in the sampled area. Based on the knowledge on habits, use of habitat and pattern of activity of boars, it is possible to create strategies aiming the management of areas with greater use by this species as well the use of techniques that cause less stress or behavioral alterations to the species, which are responsible by increasing the costs of control. Controlling biological invasions represents an important objective for the effective conservation of hotspots such as the Atlantic Forest.

Keywords: Brazilian Atlantic Forest, Invasive exotic species, *Sus scrofa*, Introduced mammals, Protected areas.

1 INTRODUÇÃO

As invasões biológicas são consideradas uma das principais causas de perda de biodiversidade no mundo, afetando tanto áreas com intensa atividade humana como áreas protegidas (SAMPAIO & SCHMIDT, 2013; SPEAR *et al.*, 2013; ZILLER & DECHOUM, 2013). As espécies invasoras geram alteração da composição da fauna e da flora nativa, dos processos ecossistêmicos, e em casos extremos, podem levar até mesmo à extinção de espécies nativas (MARTINS, 2012; RANGEL & NEIVA, 2013; SAMPAIO & SCHMIDT, 2013). O javali, *Sus scrofa* Linnaeus, 1758, é uma das 100 piores espécies invasoras do mundo (LOWE *et al.*, 2000), o que se deve a sua elevada capacidade de deslocamento e reprodução, às baixas taxas de predação e à elevada capacidade de competição (MAPSTON, 2012). Os javalis são nativos da Eurásia e norte da África (OLIVER *et al.*, 1993) e foram intencionalmente introduzidos, nas suas formas feral e doméstica (porco), no mundo inteiro para a caça esportiva e abate para comercialização de sua carne considerada nobre, tornando-se uma das espécies exóticas invasoras (EEI) com maior distribuição geográfica existente (MASSEI & GENOV, 2004). Os javalis têm o hábito de chafurdar o solo e as raízes das plantas, alterando assim a estrutura e os processos do solo (BARRIOS-GARCIA & BALLARI, 2012; BOUGHTON & BOUGHTON, 2014). Além disso, reduzem a cobertura vegetal, os nutrientes do solo e abrem clareiras na vegetação que permitem a colonização de plantas exóticas invasoras (BARRIOS-GARCIA & BALLARI, 2012; CUEVAS *et al.*, 2012). Os javalis também causam danos econômicos ao ser humano, devido a sua dieta generalista e preferência por culturas agrícolas, causando muitas vezes destruição de plantações e predação de criações domésticas (COPINE *et al.*, 2013; TORRES *et al.*, 2012). Além disso, eles transmitem doenças como Febre Aftosa, Leptospirose e Peste Suína para animais domésticos, silvestres e até mesmo para o homem (GISD, 2010; MAPSTON, 2012; MOHAMED *et al.*, 2011; MONTAGNARO *et al.*, 2010).

A espécie *S. scrofa* é conhecida por possuir uma ampla plasticidade ecológica, adotando inúmeras estratégias para o uso do habitat, conseguindo assim explorar uma ampla variedade de recursos disponíveis em uma área (MAYER & BRISBIN, 2009). O javali consegue ajustar rapidamente seu comportamento espaço-temporal em resposta a características da paisagem (altitude, proximidade de rios, florestas, entre outros) e as condições climáticas (temperatura, precipitação e umidade) (BRIVIO *et al.*, 2017; LEMEL *et al.*, 2003; PODGÓRSKI *et al.*, 2013; VIRGÓS, 2002). Tanto nas áreas onde

são nativos como onde são exóticos, os javalis tendem a preferir ambientes abertos e cultivos agrícolas que estejam próximos a remanescentes florestais (LEWIS *et al.*, 2017). Mesmo em ambientes conservados, como o Pantanal brasileiro, os javalis preferem os habitats predominantemente herbáceos (80% de cobertura), intercalados com manchas de floresta (35%-40% de cobertura) (CORDEIRO *et al.*, 2017). Isso ocorre porque, enquanto as florestas servem de abrigo para o calor intenso, repouso e esconderijo de predadores, as áreas abertas são usadas para a alimentação (CHOQUENOT & RUSCOE, 2003; HUYNH *et al.*, 2005).

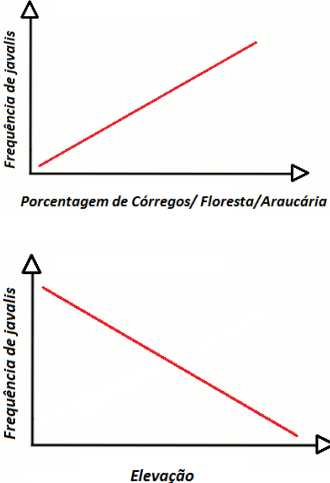
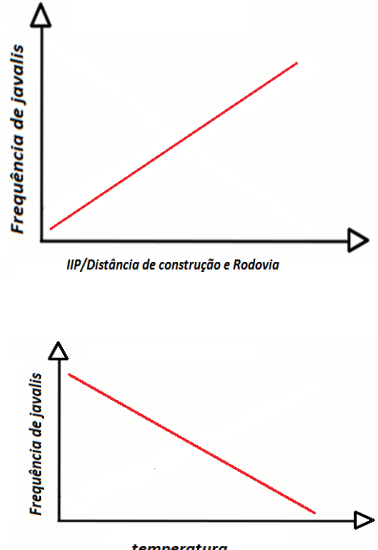
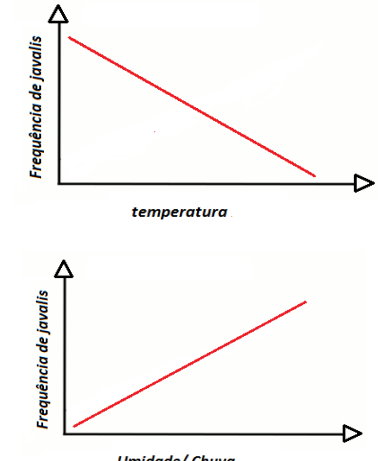
Os javalis podem ser ativos a qualquer hora do dia e da noite (BARRIOS-GARCIA & BALLARI, 2012), porém eles podem sofrer consideráveis variações em seus padrões de atividade devido a fatores externos, como o clima (MELIS *et al.*, 2006). Em áreas abertas da Itália, javalis são predominantemente noturnos, com baixo nível de atividade diurna que aumenta consideravelmente sob condições ambientais favoráveis como temperaturas mais amenas, chuva e uma maior umidade relativa do ar (BRIVIO *et al.*, 2017).

Os javalis também sofrem alteração no seu comportamento quando expostos a alta concentração de atividade humana, especialmente pressão de caça, tornando-se animais de hábito predominantemente noturno (BARRIOS-GARCIA & BALLARI, 2012; PODGÓRSKI *et al.*, 2013). A caça pode afetar também o movimento e uso do espaço dos javalis que, na presença de atividades de caça, tendem a fugir ou se esconder, passando a mover-se menos, a usar áreas de floresta em detrimento de áreas abertas e a serem mais ativos durante o período noturno, diminuindo assim as chances de serem detectados e capturados pelos caçadores (SCILLITANI *et al.*, 2010; THURFJELL *et al.*, 2013).

No Brasil, a invasão do javali ocorreu pela região sul, através da fronteira com o Uruguai em 1989, sendo intensificada por introduções voluntárias e involuntárias, que resultaram em uma distribuição atualmente concentrada nas regiões sul e sudeste do país (PEDROSA *et al.*, 2015; ROSA *et al.*, 2017). Devido aos danos ambientais e econômicos que os javalis têm causado no território brasileiro nos últimos 30 anos (PEDROSA *et al.*, 2015; SALVADOR, 2012), o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) em 2013 autorizou seu controle em todo território nacional, por qualquer cidadão brasileiro devidamente regulamentado,

através da Instrução Normativa 03/2013. Esta instrução define os métodos e processos de regulamentação para o controle do javali no Brasil, incluindo o uso de armas de fogo, que são regulamentadas pelo Exército Brasileiro. Desde a regulamentação do IBAMA, os métodos mais comuns de controle da população de suínos selvagens empregados têm sido a caça de perseguição com uso de cães, caça de espera e uso de armadilhas do tipo curral (ROSA *et al.*, dados não publicados).

O Domínio Atlântico contém uma das florestas tropicais mais degradadas do mundo e considerada *hotspot* de conservação, atualmente possuindo somente 12% de sua área original concentrada em remanescentes florestais com menos de 100 hectares (RIBEIRO *et al.*, 2009). Uma das fitofisionomias mais ameaçadas desse domínio é a floresta de *Araucaria angustifolia* (Bentol.) Kuntz 1898, que se encontra na lista de espécies ameaçadas da IUCN como “criticamente em perigo” (THOMAS, 2013). O pinhão produzido por esta planta é um recurso chave consumido por diversos mamíferos, considerados dispersores (SOLÓRZANO-FILHO, 2001; IOB & VIEIRA, 2008), porém os javalis predam as sementes da Araucária reduzindo a oferta de alimento das espécies nativas (SANGUINETTI & KITZBERGER, 2010; SHEPHERD & DITGEN, 2012). Devido à preocupação com a conservação desse domínio, conhecer o uso do habitat e padrão de atividade do javali nesses ambientes é fundamental para o desenvolvimento de estratégias e aprimoramento das técnicas de manejo e controle populacional da espécie. Sendo assim, o objetivo desse trabalho é compreender quais os mecanismos da paisagem e climáticos afetam o padrão espaço-temporal das populações de javalis submetidos a diferentes tipos de manejo de caça, buscando responder as seguintes perguntas: 1) Quais variáveis de habitat e uso humano estão relacionadas ao uso de javalis em áreas florestais preservadas da Mata Atlântica? 2) Áreas com diferentes tipos de manejo (sem nenhum tipo de caça ou controle, controle segundo a IN IBAMA 03/2013 e caça furtiva), podem causar alteração no padrão de atividade dos javalis? As hipóteses, descrições e previsões para essas perguntas estão representadas na Figural.

HIPÓTESES	DESCRIÇÃO DAS RESPOSTAS ESPERADAS	PREVISÃO DAS RESPOSTAS ESPERADAS
<p>H1 Efeito da paisagem no uso do habitat pelos javalis</p>	<p>Espera-se que os javalis prefiram áreas florestais, pois nelas há mais recursos: mais frutos de araucárias, temperaturas mais amenas, mais corpos d'água e abrigos para se refugiar de caçadores e predadores. Devido a menor proporção de florestas em altitudes mais elevadas, esperamos que se reduza a frequência de javalis a medida que a altitude aumenta.</p>	 <p>Two line graphs showing the expected response of javali frequency to landscape variables. The first graph shows a positive linear relationship between 'Porcentagem de Córregos/ Floresta/Araucária' and 'Frequência de javalis'. The second graph shows a negative linear relationship between 'Elevação' and 'Frequência de javalis'.</p>
<p>H2 Efeito dos distúrbios antrópicos no uso do habitat pelos javalis</p>	<p>Espera-se que em áreas mais próximas a atividades humanas menos javalis sejam registrados, pois eles serão afugentados pelo barulho de animais domésticos, automóveis, entre outros.</p>	 <p>Two line graphs showing the expected response of javali frequency to human disturbance variables. The first graph shows a positive linear relationship between 'IIP/ Distância de construção e Rodovia' and 'Frequência de javalis'. The second graph shows a negative linear relationship between 'temperatura' and 'Frequência de javalis'.</p>
<p>H3 Efeito climático no uso temporal do habitat pelos javalis</p>	<p>Espera-se que nos momentos mais quentes do ano, menos javalis sejam registrados pelas câmeras, enquanto que nos momentos mais úmidos e chuvosos do ano haja mais javalis registrados, pois eles gostam de temperaturas mais amenas e têm o comportamento de se banhar em poças diariamente.</p>	 <p>Two line graphs showing the expected response of javali frequency to climatic variables. The first graph shows a negative linear relationship between 'temperatura' and 'Frequência de javalis'. The second graph shows a positive linear relationship between 'Umidade/ Chuva' and 'Frequência de javalis'.</p>

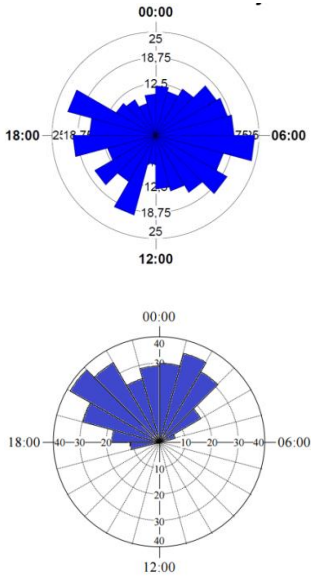
<p>H4 A diferença no tipo de manejo das áreas amostradas irá interferir no padrão de atividade dos javalis.</p>	<p>Espera-se que na RPPN antes do controle populacional da espécie, os javalis não tenham um padrão de atividade definido, utilizando a área a qualquer horário.</p> <p>Espera-se que na RPPN com controle populacional da espécie e no PNI com caça furtiva, os javalis tenham um padrão de atividade concentrado no período noturno para evitar os caçadores.</p>	
---	---	---

Figura 1: Representação esquemática das respostas esperadas para as hipóteses alternativas de como os javalis serão influenciados pela paisagem, distúrbios antrópicos e clima, bem como modificação do seu padrão de atividade a depender dos diferentes tipos de manejo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Nosso estudo foi realizado na área do Parque Nacional do Itatiaia (PNI) e na Reserva Particular do Patrimônio Natural Alto-Montana (RPPN) (Figura 2). Essas unidades de conservação fazem parte do Domínio Atlântico (ARTHUR & PEGAS, 2013). Tanto o PNI como a RPPN são importantes para a conservação desse bioma, devido à alta biodiversidade de fauna e flora, inclusive servem de abrigo para muitas espécies que estão na lista de animais ameaçados de extinção (LE SAOUT *et al.*, 2013).

A RPPN Alto Montana possui 672 hectares, com altitudes variando de 1300-2100 m (-22°21'08"N/-44°48'04"W) e o PNI possui 28084,3 hectares, se estendendo de 600 a 2791 m de altitude, com destaque para a parte alta do PNI (-22°20'23"S/-44°43'17"W), que se localiza entre as altitudes de 1500-2791 m, onde está concentrada a invasão do javali (DE ABREU, 2016). Ambas as áreas são dominadas pela Floresta Estacional Semidecidual Montana, com presença de *Araucaria angustifolia* e Campos de altitude (OLIVEIRA-FILHO & FONTES, 2000; VELOSO *et al.*, 1991). Na RPPN há uma baixa atividade antrópica enquanto que no PNI a atividade antrópica é alta, devido ao ecoturismo (GONÇALVES, 2015). O clima da RPPN é do tipo Cwb (tropical

de altitude) (KÖPPEN, 1936), tendo um inverno seco e um verão brando e chuvoso. A temperatura média anual varia de 17,4°C a 19,8°C com uma precipitação anual de 1749 mm (ARTHUR & PEGAS, 2013). A estação seca na RPPN vai de maio a setembro, sendo os meses de dezembro e janeiro mais chuvosos (PANE, 2001). Na região do PNI há dois tipos climáticos: o da região chamada parte baixa, que é o mesotérmico com verão brando e estação chuvosa no verão (Cwb), e o da região chamada de parte alta, que é mesotérmico sem estação seca (Cfb) (KÖPPEN, 1936). As médias de temperatura da região variam entre 15 °C e 18 °C (ICMBIO, 2013). Nos meses de inverno verifica-se geada na área, ocorrência de granizo e, raras vezes, breves nevascas (FBDS, 2000; IBDF, 1982). A precipitação média anual do PNI é de cerca de 2.400 mm (FBDS, 2000; IBDF, 1982), sendo que a concentração de chuvas é mais intensa em janeiro, ficando mais brandas no final de abril.

De acordo com a população local, no ano de 2006, foram soltos intencionalmente seis indivíduos da espécie *S. scrofa* na região das Terras Altas da Mantiqueira, onde a RPPN e o PNI estão inseridos. Esses animais, em apenas cinco anos, se estabeleceram e a sua população selvagem passou a ser um grave problema para produtores rurais locais (destruição de hortas e lavouras) e também para a vida selvagem, pois os javalis passaram a ocupar Unidades de Conservação na região, como o Parque Nacional do Itatiaia e a RPPN Alto-Montana, destruindo córregos e nascentes e predando sementes de araucária (ROSA, 2016). De acordo com Gonçalves (2015), antes de qualquer atividade de manejo ser feito em ambas as áreas, cerca de 8,5 e 15,8 ind./km² de javalis viviam de forma feral no Parque Nacional do Itatiaia e RPPN Alto-Montana, respectivamente, entre os anos de 2013 e 2014. No final de 2014 o controle de javalis na RPPN Alto-Montana teve início com o uso de armadilhas e caça de espera, havendo uma redução de pelo menos metade da densidade de javalis na área em um ano (ROSA *et al.*, dados não publicados).

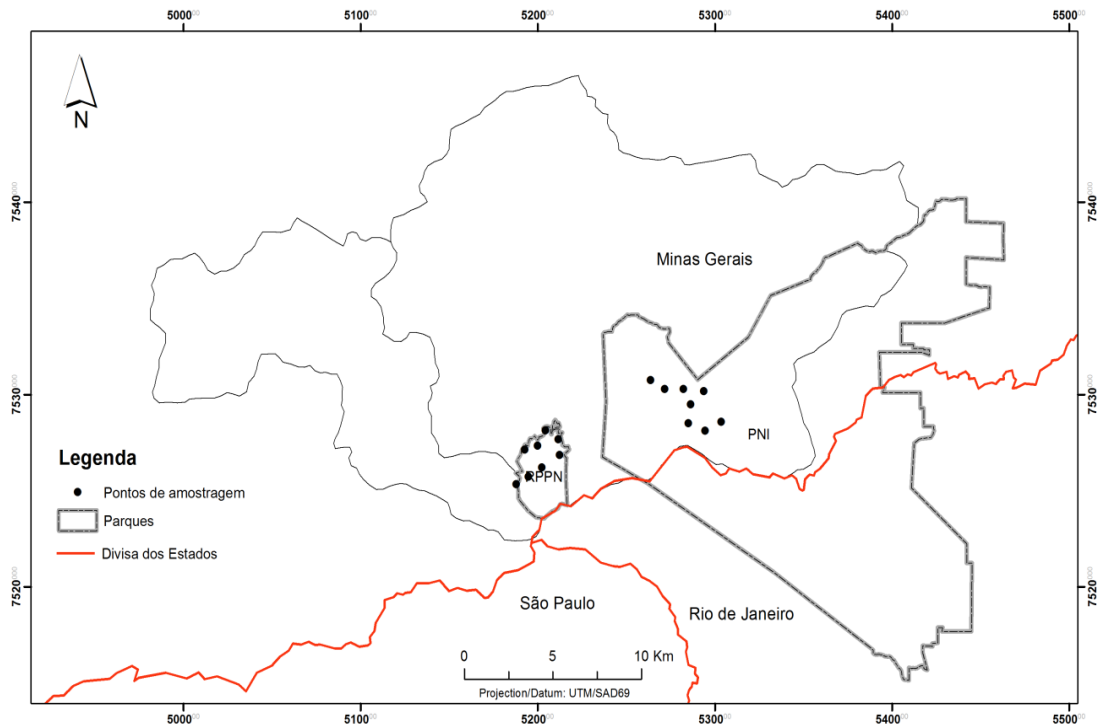


Figura 2: Mapa com os limites (linha cinza grossa) das Unidades de Conservação do Itatiaia (PNI) e RPPN Alto-Montana. Os círculos pretos são os pontos amostrados na RPPN e no PNI. A linha vermelha indica a divisa de estados (Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais).

2.2 Amostragem do javali e variáveis ambientais

Nós instalamos em cada área (RPPN e PNI) oito armadilhas fotográficas digitais e ativadas por movimento (Bushnell HD, © Bushnell Outdoor Products, Califórnia, EUA), distantes 1 km uma da outra, assumindo assim a independência de cada estação de amostragem (GATTI *et al.*, 2014). Elas foram programadas para tirar três fotos a cada 30 segundos e foram colocadas em locais usados por mamíferos (e não necessariamente somente por javalis), reconhecidos através de sinais de forrageamento no solo, trilhas feitas pelos animais, entre outros vestígios (SRBEK-ARAÚJO & CHIARELLO, 2013). Não foi utilizado nenhum tipo de isca, evitando assim a atração desses animais e mantendo a premissa de igual capturabilidade (KARANTH & NICHOLS, 2002). As armadilhas fotográficas foram mantidas em funcionamento durante outubro de 2013 e setembro de 2016, sendo realizadas manutenções a cada um ou dois meses para troca de bateria e coleta de dados.

Criamos no entorno de cada armadilha um *buffer* de 500 m e coletamos as variáveis de paisagem (altitude, porcentagem de floresta, porcentagem de araucária e porcentagem de córregos) que foram calculadas de um mosaico de imagens georreferenciadas (UTM 23S, WGS 84) do satélite RapidEye com uma resolução

espacial de 5 metros no programa ARCGis 9.3. As variáveis antrópicas (distância de rodovia, distância de construção) foram obtidas fazendo uma medição em linha reta (metros) do local onde estavam as câmeras até a rodovia e as construções mais próximas através do Google Earth. Além disso, quantificamos a atividade antrópica como o número de registros independentes obtidos nas armadilhas fotográficas que envolvia qualquer relação com atividade humana realizada no local (presença de pessoas, gato doméstico, cachorro doméstico, carro, moto, caminhão, trator, bicicleta, cavalo e gado). A partir disso, foi calculado o índice de atividade antrópica ($IIP = NXO/MNXO + NYO/MNYO + \dots$) em que NXO representa o número de uma atividade humana observada numa dada estação e MNXO representa a média do número de uma atividade humana observada nas 16 estações. As variáveis climáticas (temperatura média da região, umidade média da região e precipitação acumulada da região) foram obtidas do site do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Os valores das variáveis utilizadas neste trabalho podem ser observadas no anexo 1.

2.3 Análise de dados

Utilizamos frequência e números de indivíduos como variáveis respostas. Para a frequência de ocorrência consideramos registros independentes as fotos tiradas dentro do período de uma hora e as fotos dos bandos foram contadas como uma frequência no período de uma hora (SRBEK-ARAÚJO & CHIARELLO, 2013). Para a contagem de indivíduos usamos também as fotos das armadilhas fotográficas e contamos os indivíduos nas fotos dentro da sequência de uma hora. Para diferenciar os indivíduos em uma mesma sequência de fotos utilizamos tamanho, cor, sexo e manchas.

No entanto, houve uma alta colinearidade entre número de indivíduos e frequência de javalis ($\rho = 0.97$), e para evitar redundância analítica escolhemos frequência de javali como variável resposta para determinar os mecanismos de interesse no presente trabalho. Essa escolha também pode ser justificada devido ao fato de que os javalis possuem um sistema matriarcal, onde o bando tende a apresentar o mesmo comportamento apresentado pela fêmea dominante, levando muitos pesquisadores a considerar um bando como sendo um único indivíduo (GRAVES, 1984; KAMINSKI *et al.*, 2005; MORELLE *et al.*, 2015).

2.3.1 Uso de Habitat

Para analisar quais mecanismos que explicam os padrões espaço-temporais dos javalis nós usamos parâmetros da abordagem de “seleção de modelos”. Para isso utilizamos o Critério de Informação de Akaike ajustado para tamanhos amostrais pequenos (AICc), a diferença relativa dos AICc entre modelos ($\Delta AICc$) e os pesos dos modelos associados (AICc ponderado) para analisar a força dos modelos candidatos (BURNHAM & ANDERSON, 2002). Dessa forma calculamos o peso cumulativo dos AICc e o conjunto de modelos balanceados para cada variável explicativa (DOHERTY *et al.*, 2012). A inferência da existência do efeito das variáveis explicativas sobre a variável resposta foi feita baseada no subconjunto de modelos que tiveram diferença menor ou igual a dois de AICc do melhor modelo. Devido às incertezas geradas pela seleção de modelos, nós calculamos as estimativas médias dos modelos (*model-averaged*) para a variável resposta (BURNHAM & ANDERSON, 2002). Assim podemos construir um modelo final incluindo todas as variáveis cujos coeficientes médios não incluíam zero dentro da sua faixa de erro padrão. Este modelo final foi utilizado para traçar curvas e derivar o significado biológico explorado na discussão.

Modelos espaciais

Antes de construir os modelos, nós testamos a correlação entre as variáveis espaciais explicativas usando a correlação de Pearson e as variáveis que obtiveram correlação maior que 0.7 foram excluídas dos modelos, como foi o caso da porcentagem de araucária, que foi retirada por ser altamente correlacionada com a porcentagem de floresta (0.71) (Anexo 2). Inicialmente construímos um modelo global para abranger todos os modelos candidatos para a variável resposta. Fizemos uma média mensal dos registros das 16 câmeras instaladas nas áreas de estudos (RPPN - $n = 8$. PNI - $n = 8$). Assim nosso modelo completo constava de $Y = \mu + \text{elevação} + \% \text{ córregos} + \% \text{ floresta} + \text{distancia da rodovia} + \text{distancia das construções} + \text{IIP} + \text{site} + \epsilon$ (resíduo do modelo). Assim o (s) melhor (es) modelo (s) candidato (s) poderia (m) ter apenas um fator (uma única variável explicativa) ou a ação de fatores simultâneos (modelos contendo um conjunto de variáveis explicativas). As análises foram feitas no software R versão 3.2.2 R (2015), usando o pacote MuMIn (KAMIL BARTON, 2016).

Modelos temporais

Para verificar os mecanismos temporais no padrão de atividade dos javalis, usamos modelos lineares de efeito misto (LME), já que dados coletados repetidamente no mesmo ponto se configuram em pseudo-replicação temporal (HURLBERT, 1984) e esses modelos são melhores ajustados para esses tipos de dados (VERBEKE *et al.*, 2010). Os modelos lineares de efeito misto são ideais para dados de medidas repetidas, pois a estrutura desses modelos aceita a inclusão de variáveis de efeito fixo e de efeito aleatório (VERBEKE *et al.*, 2010). Para detectar que as medidas repetidas não podem ser desconsideradas na construção dos modelos, e assim não usarmos modelos lineares convencionais, realizamos uma análise de auto correlação dos dados, excluindo do modelo as variáveis correlacionadas (Anexo 3). Para isso somamos os dados de todos os pontos amostrados ($n = 16$) para um único mês e assim obtivemos 49 medidas repetidas da região e nosso modelo completo constava de $\log(Y+1) = \mu + \text{temperatura}(x_1) + \text{umidade}(x_2) + \text{precipitação}(x_3) + x_1:x_2 + x_1:x_3 + x_2:x_3 + \epsilon$. Usamos a sintaxe ‘~1|Área/Ano/Mês de amostragem’ como variável de efeito aleatório, representando a amostragem temporalmente repetida dos pontos nos meses, dentro daquele ano, dentro de cada unidade de conservação (BATES *et al.*, 2015; CHAVES, 2010). O(s) melhor(es) modelo(s) candidato(s) poderia(m) ter apenas um fator (uma única variável explicativa), a ação de fatores simultâneos (modelos contendo um conjunto de variáveis explicativas) ou a ação sinérgica de fatores (modelos contendo um conjunto de variáveis explicativas com suas interações estatísticas). Os modelos foram construídos no software R versão 3.2.2 R (2015), usando o pacote lme4 (BATES *et al.*, 2015).

2.3.2 Padrão de atividade

Avaliamos o padrão de atividade dos javalis de acordo com o tipo de manejo de cada área: (1) RPPN- outubro de 2013 a outubro 2014, período onde nenhuma atividade de controle de javali ou caça furtiva foi realizada; (2) RPPN- novembro de 2014 a outubro de 2015, onde foi realizada atividade de controle populacional de javali utilizando armadilhas e caça de espera, segundo IN 03/2013 do IBAMA; (3) PNI- novembro de 2014 a outubro de 2015, onde não foi realizada nenhuma atividade de controle, porém existe alta incidência de caça furtiva, sobretudo com uso de cães.

Para definir o padrão de atividade dos javalis utilizamos as informações referentes ao horário de cada registro efetuado pelas armadilhas fotográficas e

realizamos o teste de uniformidade de Rayleigh no software estatístico Oriana® 4.0 (ORIANA, 2012). Avaliamos se a atividade dos javalis foi constante ao longo de 24 horas ou se houve uma concentração de atividade em algum horário do dia. As análises foram realizadas para cada tipo de manejo. Para a significância das análises foi adotado p-valor $< 0,05$ em todos os casos. Quando o padrão de atividade dos javalis era comprovado pelo teste estatístico, os animais eram classificados de acordo com as fases do dia (GÓMEZ *et al.*, 2005). Dessa forma eles poderiam ser: (a) diurnos-menos de 10% dos registros no período escuro; (b) predominantemente diurnos-entre 10 a 30% dos registros no período escuro; (c) catemerais, ou seja, animais que são ativos durante o período diurno e noturno-entre 30 a 70% dos registros no período escuro; (d) noturnos-entre 70 e 90% dos registros no período escuro; (e) crepusculares-com 50% dos registros na fase crepuscular, sendo esta fase correspondente aos horários: 04h00min-05h59min e 17h00min-17h59min (adaptado de GÓMEZ *et al.*, 2005).

3 RESULTADOS

Durante 1095 dias de amostragem e com um esforço de 17.520 armadilhas/noite nas duas áreas de amostragem, realizamos 881 registros independentes de javalis, sendo 86,5% na RPPN Alto-Montana e 13,5% no PNI e uma média de 4,44 indivíduos por registro independente.

3.1 Uso de habitat por javalis

Entre os modelos candidatos, o mais parcimonioso foi o que teve altitude simultaneamente com distância de construção como fator explicativo da atividade espacial dos javalis; e temperatura como fator explicativo da atividade temporal dos javalis, embora a temperatura simultânea com a umidade também se mostre parcimoniosamente plausível (Tabela 1). A altitude teve um efeito negativo e a distância de construção teve um efeito positivo sobre os javalis, sendo assim, houve mais registros desses animais em altitudes mais baixas e distante de construções humanas (Figura 3A). Já a temperatura e a umidade tiveram um efeito positivo sobre os javalis, sendo assim, houve mais registros desses animais em épocas do ano mais quentes e úmidas (Figura 3B).

Tabela 1. Resultado da seleção de modelos espaciais e temporais de uso de habitat dos javalis no Parque Nacional do Itatiaia e Reserva Particular do Patrimônio Natural Alto-Montana. Negrito indica os modelos ajustados que melhor explica a frequência de javalis. W_i = Akaike ponderado, ou seja, a probabilidade de o presente modelo ser o melhor no conjunto de candidatos.

Resultados da Seleção de Modelos					
Modelo	df	AICc	$\Delta AICc$	W_i	Soma W_i
Modelos Espaciais					
Altitude+Distância de Construção	4	52.66	0.00	0.55	0.55
Altitude+Distância de Construção+IIP	5	56.59	3.93	0.08	-
Modelos Temporais					
Temperatura	6	155.69	0.00	0.30	0.30
Umidade+Temperatura	7	156.63	0.93	0.18	0.48
Precipitação+Temperatura	7	158.27	2.57	0.08	-

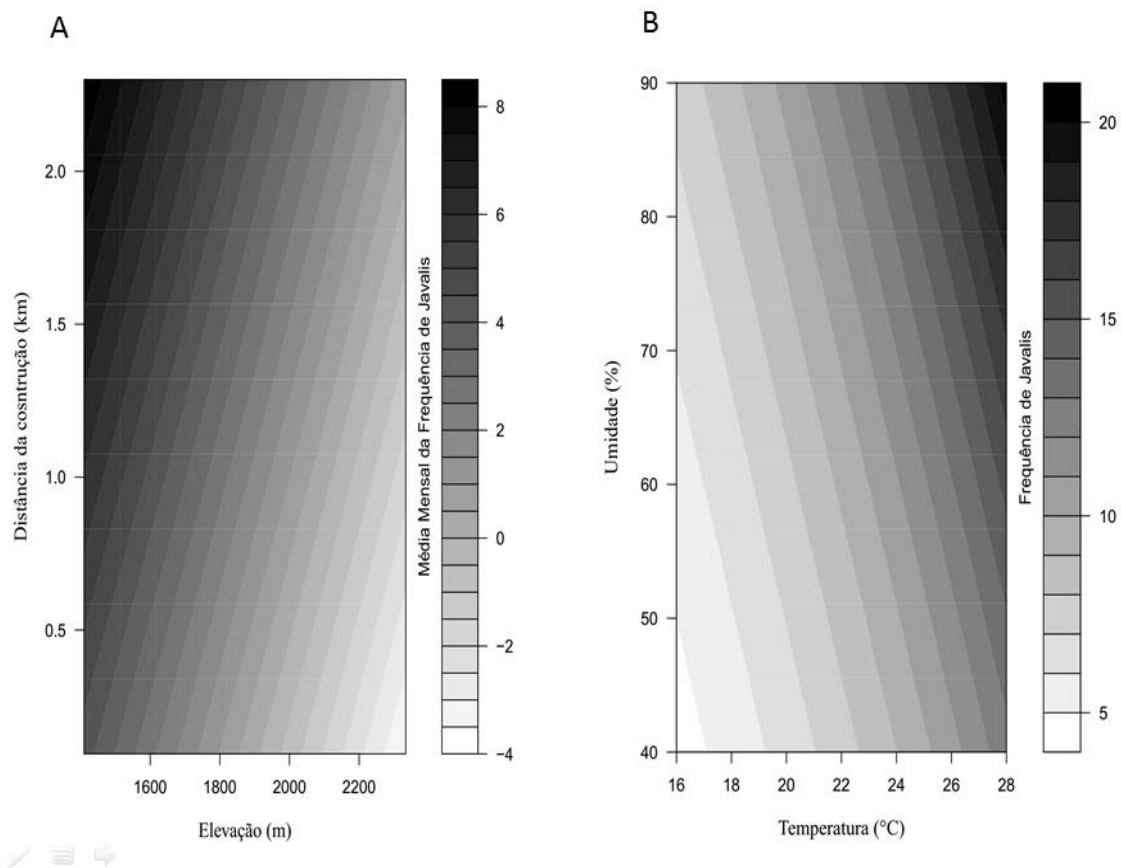


Figura 3: (A) Efeito simultâneo da elevação e distância de construção sobre frequência de javalis; e (B) Efeito simultâneo da temperatura e umidade na frequência de ocorrência de javalis no Parque Nacional do Itatiaia e na Reserva Particular do Patrimônio Natural Alto-Montana. Equação gerada pela média de todos os modelos para criação do *surfaceplot* que representa o melhor modelo explicativo: $e^{(-2.363e-01+8.520e-02*temperatura+9.670e-03*umidade)}$.

3.2 Padrão de atividade

Os resultados dos testes de Rayleigh mostraram que o padrão de atividade dos javalis foi diferente, de acordo com o tipo de manejo das áreas em que esses animais estão presentes. Para o PNI, o teste mostrou que os javalis não possuem um padrão uniforme ao longo de 24 horas (Rayleigh Test $Z = 8.249$; $P < 0.01$) (Figura 4A). A espécie teve seu pico de atividade às 17h00min e às 19h00min. Por volta de meia noite, os javalis reduziram sua atividade drasticamente, não havendo atividade alguma durante o período de 02h00min-03h00min, voltando a apresentar atividade com o amanhecer do dia (por volta das 06h00min). De acordo com a classificação das fases do dia, os javalis foram catemerais, ou seja, foram ativos de dia e de noite para as áreas estudadas (34% de registro noturno).

Comparando a RPPN antes e depois da implementação do manejo, observamos que houve uma mudança no padrão de atividade dos javalis. O padrão de atividade dos animais na RPPN antes do manejo mostrou uma atividade uniforme ao longo do dia (Rayleigh Test $Z = 1.919$; $P > 0.05$), ou seja, não foi constatado nenhum padrão de atividade, podendo os animais serem ativos em qualquer horário do dia (Figura 4B). Quando as atividades de manejo se iniciaram na RPPN Alto-Montana, os javalis mudaram seu comportamento, e seu padrão de atividade passou a não ser mais uniforme (Rayleigh teste $Z = 16.482$; $P < 0,01$) (Figura 4C). De acordo com a classificação das fases do dia, os javalis se tornaram predominantemente diurnos (06h00min a 16h59min) após a implementação do manejo (tendo 26% dos registros no período escuro). Eles passaram a reduzir drasticamente a sua atividade com o anoitecer (por volta das 19h00min), voltando a ficar ativos com o amanhecer do dia, tendo as 07h00min um pico de atividade na área.

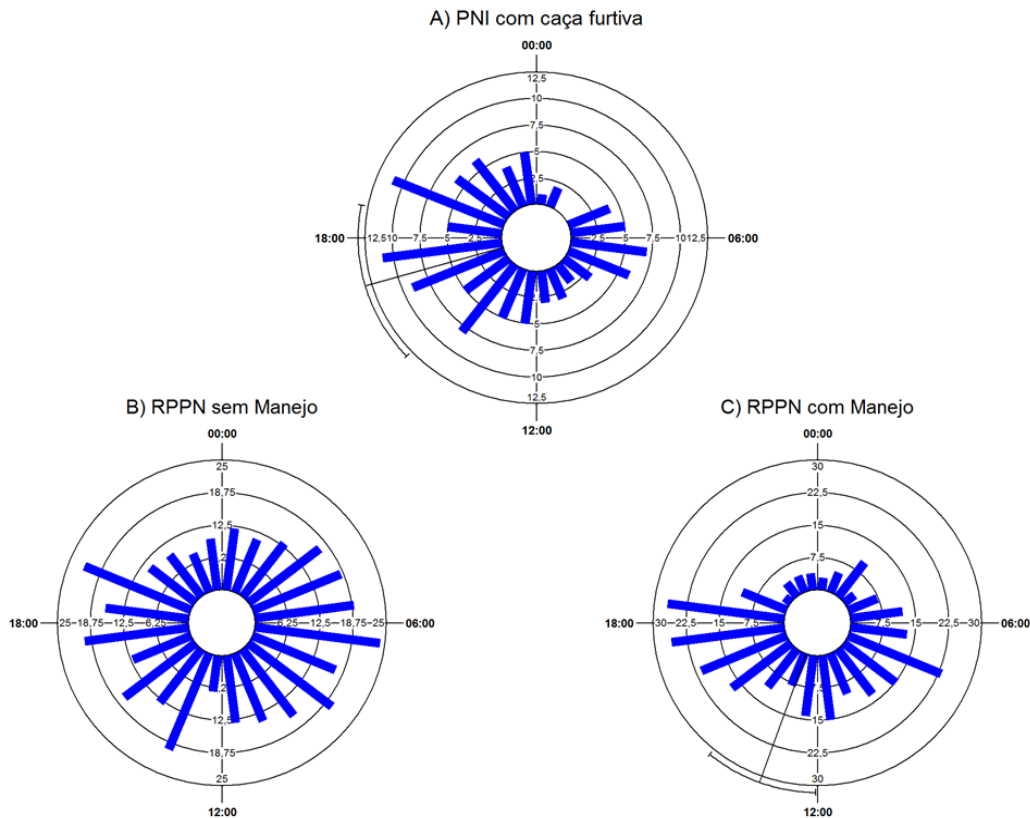


Figura 4: (A) Padrão de atividade de *Sus scrofa* no Parque Nacional do Itatiaia (PNI), com incidência de caça furtiva. Para o PNI, as barras correspondem à frequência de registro de javalis em cada hora do dia, com o valor da média de 16h45min, com intervalo de 95%. (B) Padrão de atividade na Reserva Particular do Patrimônio Natural Alto-Montana (RPPN) sem manejo de javalis e (C) com manejo de javalis. Para a RPPN, as barras correspondem à frequência de registro desses animais em cada hora do dia, com o valor da média de 12h45min, com intervalo de 95%.

4 DISCUSSÃO

4.1 Uso do habitat pelos javalis nas áreas de estudo

O presente estudo mostrou que os javalis foram mais frequentes nas áreas mais baixas e mais distantes de construções humanas, e também em dias mais úmidos e quentes. O efeito negativo da altitude sobre o uso do espaço do javali também foi observado em outras áreas onde a espécie é invasora, como nos Estados Unidos (SCHLICHTING et al., 2016; SINGER *et al.*, 1981). Isso é normalmente associado à baixa disponibilidade de recursos alimentares nas áreas de maior altitude (HONE, 1988; KREYLING, 2010), que resulta também em aumento das interações de competição por

alimento e aumento da área de vida dos javalis (KEULING *et al.*, 2008a; MASSEI *et al.*, 1997; MORELLE *et al.*, 2015; SCHLICHTING *et al.*, 2016).

Javalis também tendem a ocupar áreas abertas, sobretudo quando associadas à cultivos agrícolas, que podem ser utilizados como alimento (BALLARI & BARRIOS-GARCÍA, 2014; HERRERO *et al.*, 2006; THURFJELL *et al.*, 2009), ou a áreas florestais, que fornecem abrigo e proteção contra predadores, caçadores e do calor (BERTOLOTTI, 2010; SAITO *et al.*, 2012; LEWIS *et al.*, 2017). Nas áreas avaliadas no presente estudo, à medida que a altitude aumentava, a cobertura florestal e de araucárias, cujas sementes são um importante recurso consumido pelos javalis, reduziam drasticamente, sobretudo a partir de 1900 metros de altitude (GONÇALVES, 2015), quando o relevo começava a ficar mais acidentado e a vegetação passava a ser constituída principalmente por plantas herbáceas (SAFFORD, 2007). Além disso, a partir de 1900 metros de altitude, observava-se a ausência de qualquer atividade agrícola (observação pessoal). Embora javalis possuam uma dieta plástica, consumindo mais raízes e bulbos de gramíneas e herbáceas em elevadas altitudes (BAUBET *et al.*, 2004), a combinação de altas altitudes, ausência de áreas florestadas e baixa disponibilidade de recursos contribuiu para a menor frequência de javalis observada nas altitudes elevadas da RPPN e PNI (FBDS, 2000; GEISE, 2004; MARTINS, 2011; POMPEU, 2011).

Nas áreas amostradas neste trabalho, as altitudes mais baixas possuíam temperatura e umidade mais elevadas que as áreas mais altas, favorecendo o uso do habitat pelo javali. As áreas mais elevadas da nossa área de estudo (> 2000 metros) estão concentradas no PNI, onde é comum a temperatura ficar abaixo de 0°C, mesmo em noites do verão, podendo ter geadas intensas durante o inverno e até mesmo breves nevascas, que levam ao congelamento dos lagos presentes na região (FBDS, 2000). Embora javalis tendam a apresentar aumento de atividade em temperaturas menores que 10°C (BARRET, 1978; COBLENTZ & BABER, 1987; CUEVAS *et al.*, 2012), quando a temperatura cai abaixo de -5°C, os animais reduzem seu período de atividade em cerca de 1,5 horas por dia, para economizar energia (BLASETTI *et al.*, 1988; KEULING *et al.*, 2008a). Em áreas com temperaturas mais amenas, os javalis aumentam suas atividades nas noites mais quentes, onde a temperatura do ar nunca excede 20°C (BRIVIO *et al.*, 2017). Já em temperaturas mais elevadas que 20°C, as atividades dos javalis e outros ungulados tende a reduzir, como estratégia de proteção contra o superaquecimento de seus corpos (BRIVIO *et al.*, 2016; SHI *et al.*, 2006). Sendo assim,

com temperaturas médias anuais moderadas (entre 15°C e 19°C, não sendo maiores que 22°C nos meses mais quentes) (ARTHUR & PÊGAS, 2013; ICMBIO, 2013), a RPPN, onde estão concentradas as áreas de menor altitude da nossa área de estudo, permite uma ocorrência maior de javalis.

A altitude, além de relacionada com a temperatura, também está relacionada com a umidade na área de estudo. Os ambientes florestais localizados até 2000 metros de altitude, da RPPN e do PNI, estão sob influência do fenômeno de chuva oculta, comum em florestas de encosta em altas altitudes (a partir de 1600m) (PEREIRA *et al.*, 2016), onde a condensação da água das nuvens pelo contato com a vegetação (truncos e copa das árvores) constitui um aporte adicional, e até mesmo majoritário, de água, sendo então a umidade equivalente à precipitação (BARBOSA, 2007; POMPEU, 2015). A atividade de javalis também tende a aumentar em áreas mais úmidas ou com elevada precipitação (BRIVIO *et al.*, 2017; CUEVAS *et al.*, 2012), porque a umidade aumenta a eficiência do olfato dos javalis (LEMEL *et al.*, 2003), facilitando atividades como forrageamento (solo mais úmido, fica mais macio e fácil de chafurdar), orientação (leitões usam seu olfato para encontrar o caminho de volta ao ninho), interações sociais e detecção de predadores (BUENO *et al.*, 2009; KITTAWORN RAT & ZIMMERMAN, 2010; MORELLE *et al.*, 2015), além da redução da temperatura corporal dos animais pelo aumento da dissipação de calor, pois eles são fisiologicamente limitados pela falta de glândulas sudoríparas (ALLWIN *et al.*, 2016; LEMEL *et al.*, 2003).

Além da paisagem e clima, o uso do habitat de javalis também foi associado a fatores antrópicos. Como esperado por nós, a frequência dos javalis aumentou à medida que houve uma maior distância de construção humana, assim como observado em um estudo desenvolvido na Argentina, onde a espécie também é exótica (GANTCHOFF & BELANT, 2015). Embora a fragmentação e escassez de alimentos possa levar o javali a habitar até mesmo áreas urbanas (CAHILL *et al.*, 2012; KOTULSKI & KÖNIG, 2008), os javalis tendem a um comportamento de evitação temporal e espacial de áreas que tenham pessoas, preferindo locais mais afastados de qualquer tipo de interferência humana, evitando conflitos e reduzindo o risco de morte por caça (CAHILL *et al.*, 2012; KOTULSKI & KÖNIG, 2008; MORELLE & LEJEUNE, 2015; THURFJELL *et al.*, 2013). A distância de edificações humanas, associado à alta cobertura florestal, que fornece proteção e alimento aos javalis (FREEMARK & MERRIAM, 1986; GERARD *et al.*, 1991; HONDA, 2009; ROSVOLD *et al.*, 2010; VIRGÓS, 2002), e ao clima

ameno, favorece ainda mais a invasão e colonização da espécie em novas áreas na Serra da Mantiqueira.

4.2 Padrão de atividade dos Javalis nas Áreas de Estudo

Assim como esperávamos, os javalis não tiveram um padrão de atividade definido no período com ausência de manejo da espécie. No entanto, os animais passaram a apresentar padrão de atividade catemeral na presença de caça furtiva, e diurno na presença de manejo utilizando armadilhas e caça de espera, diferente do padrão noturno que esperávamos na presença de manejo (GÓMEZ *et al.*, 2005). A atividade predominantemente diurna ou falta de padrão definido é comum em áreas sem nenhum tipo de atividade de caça ou controle (BARRIOS-GARCIA & BALLARI, 2012; KEULING *et al.*, 2008b; PODGÓRSKI *et al.*, 2013). A falta de padrão definido quando na ausência de manejo na nossa área de estudo é salientada pela baixa presença humana em geral, deixando os animais predispostos a realizar suas atividades de forma uniforme ao longo das 24 horas do dia (BARRIOS-GARCIA & BALLARI, 2012; PODGÓRSKI *et al.*, 2013).

O javali tende a se tornar noturno em locais com alta incidência de caça e com técnicas que se utilizam de grandes grupos de pessoas (> 20), armas de fogo e cães treinados (oito ou mais) (SCILLITANI *et al.*, 2010; THURFJELL *et al.*, 2013). No PNI, onde a caça furtiva existe antes da invasão do javali, a caça do javali é realizada de forma individual ou com poucas pessoas e poucos cães, predominantemente à noite (17 e 21 horas), estratégia utilizada pelos caçadores para fugir da fiscalização (ROSA *et al.*, 2017 dados não publicados). De acordo com nossos resultados, os javalis nessa área diminuía progressivamente suas atividades a partir das 19h00min, provavelmente para evitar os caçadores e seus cães (BROWN *et al.*, 1999; THURFJELL *et al.*, 2013), voltando a exercer suas atividades no dia seguinte, com o pico de atividade as 06h00min, quando outras atividades humanas, que ocorrem na área no período diurno (ex. ecoturismo e uso pelo gado), são baixas. Já na RPPN, após implantação de atividades de controle da espécie, encontramos um padrão predominantemente diurno para os javalis. As técnicas de controle utilizadas na RPPN se restringiram ao uso de armadilhas e caça de espera, realizada sobretudo entre 17 e 21 horas, com utilização de isca e arma branca (arco e flecha e besta) no abate. Com técnicas menos estressantes para o javali que o uso de cães (MASSEI *et al.*, 2011) e sem registros de caça furtiva ou

armas de fogo na área, é possível que o controle utilizado na RPPN gere menor pressão na espécie e eles não se sintam ameaçados, passando a realizar suas atividades no período diurno (KEULING *et al.*, 2008b; THURFJELL *et al.*, 2013).

O tipo de habitat em que os javalis estão inseridos também é responsável por influenciar os padrões de sua atividade (DOORMAAL *et al.*, 2015; KEULING *et al.*, 2008b; OHASHI *et al.*, 2013; OLIVEIRA-SANTOS, 2009). No Japão, onde a maior parte das terras são agrícolas ou campos abandonados, e as florestas existentes são em sua grande parte plantadas e muito homogêneas (Coníferas e Cedros), os javalis tendem a ser noturnos. Os javalis aproveitam o período noturno para se alimentar nos cultivos agrícolas, evitando assim de ficarem expostos durante o dia em áreas nas quais podem ter contato direto com seres humanos (DOORMAAL *et al.*, 2015; OHASHI *et al.*, 2013; SALVADOR, 2012). Também nos ambientes abertos do Pantanal, as temperaturas elevadas durante o dia, podendo alcançar mais de 40°C, levam ao javali reduzir suas atividades durante o dia (GALETTI *et al.*, 2015; OLIVEIRA-SANTOS, 2009), deslocando sua atividade para horários de maior conforto térmico, como é comumente observado em outras espécies de mamíferos nesse ambiente (MOURÃO & MEDRI, 2007; OLIVEIRA-SANTOS *et al.*, 2009). Já em ambientes florestais no sul do Brasil, também pertencentes ao Domínio Atlântico, o javali teve atividade predominante diurna (BATISTA, 2015), mostrando que assim como em nossas áreas, ambientes florestais com vegetação de dossel mais fechada e heterogênea, protegidos do sol e calor, fornecem, além de uma alta gama de recursos, temperaturas amenas para o javali mesmo durante o dia.

5 CONCLUSÃO GERAL

As espécies exóticas invasoras são um risco e um enorme desafio para os gestores de Unidades de Conservação do Brasil. Essas áreas têm como função proteger a fauna e flora nativas, porém, as espécies exóticas estão ocupando cada vez mais espaço nos habitats naturais, gerando conflitos com as espécies nativas (competição, predação) e com o ser humano (transmissão de doenças, ataques, prejuízos econômicos). Neste trabalho foi observado que os javalis modificam seus horários de atividade como forma de evitação de caça, com um uso do espaço concentrados em altitude mais baixas e com temperatura e umidade mais elevadas. Estudos como o nosso

agregam valor na compreensão da história natural dessa espécie, de seus nichos, das relações com o meio ambiente e das possíveis interações com espécies nativas, fornecendo assim subsídios para que melhores estratégias de manejo possam ser utilizadas para reduzir sua dispersão. Esse conhecimento pode ser utilizado para traçar estratégias que visem técnicas menos estressantes para o javali (o que reduz custos do controle) e esforços concentrados em áreas e períodos de maior atividade da espécie.

Sendo assim, se torna cada vez mais fundamental que os administradores de Unidades de Conservação façam o monitoramento das populações nativas e também das exóticas (quando estas existirem) massivamente em suas áreas e que os planos de manejo contemplem métodos eficazes de monitoramento e controle populacional de espécies exóticas invasoras, além de ações de conservação direcionadas à fauna nativa, que podem sofrer algum tipo de impacto direto ou indireto devido à invasão de seu ambiente natural.

A IN IBAMA 03/2013 coloca o cidadão brasileiro devidamente regulamentado como co-responsável pelo controle do javali, sendo assim, esforços de controle em UCs podem ser realizados em conjunto com a comunidade local, contribuindo para a educação ambiental de caçadores e redução da caça furtiva de animais nativos. A conscientização da população que vive no entorno dessas áreas também é extremamente importante, visto que realizar controle somente dentro dos domínios da Unidade de Conservação leva ao insucesso do controle, visto que populações de javalis vizinhas às áreas-foco tendem a recolonizar áreas onde o controle ou mesmo a erradicação foram alcançadas. Em casos como o javali, a conscientização se torna mais importante à medida que as pessoas são os principais disseminadores da espécie, através da criação clandestina e cruzamentos entre javalis e porcos domésticos. Além disso, a comunidade do entorno é importante aliada no monitoramento do sucesso das atividades de controle, à medida que pode monitorar os impactos causados por javalis nos cultivos agrícolas, ou mesmo nos ambientes naturais.

6 IMPLICAÇÕES PARA O MANEJO

Nossas áreas de estudo são extremamente importantes para a conservação de florestas tropicais, que compõe um dos ecossistemas mais ricos (alta concentração de espécies endêmicas) e ameaçados do mundo que é o Domínio Atlântico (BARBIERI, 2013; MITTERMEIER *et al.*, 2004, MYERS *et al.*, 2000). O avanço dos javalis na Serra da Mantiqueira, onde estão concentrados os ambientes de maior altitude do Domínio Atlântico, é uma grande preocupação, pois eles, além de destruir o ecossistema de espécies endêmicas, podem vir a competir com as espécies nativas (AXIMOFF *et al.*, 2015), além de transmitir doenças a animais silvestres, domésticos e até mesmo seres humanos (CONOVER, 2007; ENGEMAN *et al.*, 2004; HUTTON *et al.*, 2006). Sendo assim, o controle da espécie nas florestas tropicais do Brasil, sobretudo no Domínio Atlântico, é urgente (ROSA *et al.*, 2017).

A alteração de comportamento (ex. período de atividade, área de vida) de javalis interfere no sucesso das atividades de controle, sobretudo elevando custos de controle (CRUZ *et al.*, 2005; MASSEI *et al.*, 2011). Além disso, a maior concentração de javalis em áreas mais distantes de edificações humanas pode dificultar o controle da espécie na região, à medida que o acesso a essas áreas tende a ser mais difícil do que em áreas próximas a edificações humanas. Embora muito se saiba sobre a eficiência, vantagens e desvantagens das técnicas de controle do javali na Europa e Estados Unidos (ex. CALENGE *et al.*, 2002; MASSEI *et al.*, 2011; SODEIKAT & POHLMAYER, 2002), pouco se sabe sobre a eficiência do controle em florestas tropicais ou mesmo o efeito sobre espécies não alvo. Porém, é fato que atividades de controle realizadas em períodos e locais de maior atividade da espécie alvo são mais eficientes (MASSEI *et al.*, 2011). Por isso, visando uma redução de danos em curto prazo e mesmo um controle da população a médio e longo prazo, o controle da espécie na região pode ser concentrado em áreas de menor altitude e no verão, quando as maiores temperaturas e umidades aumentam a atividade dos animais. O verão na região também se caracteriza pela baixa oferta de cultivos agrícolas e baixa oferta de pinhão nos ambientes florestais (GONÇALVES, 2015), aumentando o sucesso do uso de iscas (para armadilhas ou caça de espera) no controle do javali (BIEBER & RUF, 2005; MASSEI *et al.*, 2011; SWEITZER *et al.*, 2000).

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ALLWIN, B.; GOKARN, N.; VEDAMANICKAM, S.; GOPAL, S. The Wild Pig (*Sus Scrofa*) Behavior- A Retrospective Study. Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research, 3:1-12, 2016.

ARTHUR, E.; PÊGAS, P. Plano de Manejo da Reserva Particular do Patrimônio Natural Alto- Montana da Serra Fina, Itamonte. 93p, 2013.

AXIMOFF, I.; SPENCER, C.; VAZ, S. M. Mamíferos de médio e grande porte no Parque Nacional de Itatiaia. Boletim nº 19, 56p, 2015.

BALLARI, S.; BARRIOS-GARCÍA, M. A review of wild boar *Sus scrofa* diet and factors affecting food selection in native and introduced ranges. Mammal Review, 44: 124–134, 2014.

BARBIERI, E. Biodiversidade da Teoria a prática. Editora Livre Expressão, 168p, 2013.

BARBOSA, R. Caracterização das bacias aéreas e avaliação da chuva oculta nos contrafortes da Serra do Mar- RJ. 2007. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 61p, 2007.

BARRET, R. The Feral Hog on the Dye Creek Ranch, California. Hilgardia, 46:1-76, 1978.

BARRIOS-GARCIA, M.; BALLARI, S. Impact of wild boar (*Sus scrofa*) in its introduced and native range: a review. Biological Invasions, 14:2283–2300, 2012.

BATES, D.; MAECHLER, M.; BOLKER, B.; WALKER, S. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. Journal of Statistical Software, 67: 1-48, 2015.

BATISTA, G. O javali (*Sus scrofa* linnaeus, 1758) na região do parque nacional das araucárias: percepções humanas e relação com regeneração de *Araucaria angustifolia* (bertol.) Kuntze. 2015. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 128p, 2015.

BAUBET, E.; BONENFANT, C.; BRANDT, S. Diet of the wild boar in the french alps. Galemys, 16: 101-113, 2004.

BERTOLOTTO, E. Behavioural ecology of wild boar (*Sus scrofa*) in an Apennine environment. Tese de Doutorado, University of Sassari, 119p, 2010.

BIEBER, C.; RUF, T. Population dynamics in wild boar *Sus scrofa*: ecology, elasticity of growth rate and implications for the management of pulsed resource consumers. Journal of Applied Ecology, 42:1203–1213, 2005.

BLASETTI, A.; BOITANI, M.; RIVIELLO, M.; VISALBERGHI, E. Activity budgets and use of enclosed space by wild boars (*Sus scrofa*) in Captivity. *Zoo. Biology*, 7: 69-79, 1988.

BOUGHTON, E.; BOUGHTON, R. Modification by an invasive ecosystem engineer shifts a wet prairie to a monotypic stand. *Biological Invasions*, 16: 2105-2114, 2014.

BRIVIO, F.; BERTOLUCCI, C.; TETTAMANTI, F.; FILLI, F.; APOLLONIO, M.; GRIGNOLIO, S. The weather dictates the rhythms: alpine chamois activity is well adapted to ecological conditions. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 70: 1291–1304, 2016.

BRIVIO, F.; GRIGNOLIO, S.; BROGI, R.; BENAZZI, M.; BERTOLUCCI, C.; APOLLONIO, M. An analysis of intrinsic and extrinsic factors affecting the activity of a nocturnal species: The wild boar. *Mammalian Biology*, 84: 73–81, 2017.

BROWN, J.; LAUNDRÉ, J.; GURUNG, M. The Ecology of Fear: Optimal Foraging, Game Theory, and Trophic Interactions. *Journal of Mammalogy*, 80: 385-399, 1999.

BUENO, C.; ALADOS, C.; GÓMEZ-GARCIA, D.; BARRIO, I.; GARCÍA-GONZÁLES, R. Understanding the main factors in the extent and distribution of wild boar rooting on alpine grasslands. *Journal of Zoology*, 279: 195–202, 2009.

BURNHAM, K.; ANDERSON, D. Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretical approach. 2nd ed. New York: Springer-Verlag, 515p, 2002.

CAHILL, S.; LLIMONA, F.; CABAÑEROS, L.; CALOMARDO, F. Characteristics of wild boar (*Sus scrofa*) habituation to urban areas in the Collserola Natural Park (Barcelona) and comparison with other locations. *Animal Biodiversity and Conservation*, 35: 221-233, 2012.

CALENGE, C. *et al.* Summer and hunting season home ranges of wild boar (*Sus scrofa*) in two habitats in France. *Game and Wildlife Science*, 19: 281-301, 2002.

CHAVES, L. An Entomologist Guide to Demystify Pseudoreplication: Data Analysis of Field Studies With Design Constraints. *J Med Entomol*, 47:291-8, 2010.

CHOQUENOT, D.; RUSCOE, W. Landscape complementation and food limitation of large herbivores: habitat-related constraints on the foraging efficiency of wild pigs. *Journal of Animal Ecology*, 72: 14-26, 2003.

COBLENTZ, B.; BABER, D. Biology and control of feral pigs on Isla Santiago, Galapagos, Ecuador. *Journal of Applied ecology*, 24: 403-418, 1987.

CONOVER, M. America's first feral hog war. *Human-Wildlife Conflicts*, 1:129–131, 2007.

COPINE, A.; MIOZZO, R.; TORTATTO, M.; SALVADOR, C. Analysis of Different Types of Baits in Monitoring of Populations of Wild Boar (*Sus scrofa*) and Damages Arising in Planting Corn on the Inside of the City Caçador. *Ignis*, 2: 71-83, 2013.

CORDEIRO, J.; HOFMANN, G.; FONSECA, C.; OLIVEIRA, L. Achilles heel of a powerful invader: restrictions on distribution and disappearance of feral pigs from a protected area in Northern Pantanal, Western Brazil. PeerJ Preprints, 33p, 2017.

CRUZ, F. *et al.* Conservation action in the Galapagos: feral pig (*Sus scrofa*) eradication from Santiago Island. Biological Conservation, 121:473–478, 2005.

CUEVAS, M.; MASTRANTONIO, L.; OJEDA, R.; JAKSIC, F. Effects of wild boar disturbance on vegetation and soil properties in the Monte Desert, Argentina. Mammalian Biology, 77: 299–306, 2012.

DE ABREU, T. Análise da ocupação do javali (*Sus scrofa*) no Parque Nacional do Itatiaia e entorno (Serra da Mantiqueira). 2016. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada da Universidade Federal de Lavras, Lavras, 55p, 2016.

DOHERTY, P.; WHITE, G.; BURNHAM, K. Comparison of model building and selection strategies. Journal of Ornithology, 152: 317-323, 2012.

DOORMAAL, N. *et al.* Influence of human activities on the activity patterns of Japanese sika deer (*Cervus nippon*) and wild boar (*Sus scrofa*) in Central Japan. Eur J Wildl Res, 61:517-527, 2015.

ENGEMAN, R. *et al.* Damage reduction estimates and benefit-cost ratios for feral swine control from the last remnant of a basin marsh system in Florida. Environmental Conservation, 31: 207-211, 2004.

FBDS (Fundação Brasileira para o desenvolvimento sustentável). O Parque Nacional do Itatiaia. 172p, 2000.

FREEMARK, K.; MERRIAM, H. Importance of Area and Habitat Heterogeneity to Bird Assemblages in Temperate Forest Fragments. Biological Conservation, 36: 115-141, 1986.

GALETTI, M. *et al.* Diet Overlap and Foraging Activity between Feral Pigs and Native Peccaries in the Pantanal. PLoS ONE, 10:1-10, 2015.

GANTCHOFF, M.; BELANT, J. Anthropogenic and environmental effects on invasive mammal distribution in northern Patagonia, Argentina. Mammalian Biology, 80: 54–58, 2015.

GATTI, A.; SEGATTO, B.; CARNELLI, C.; MOREIRA, D. Mamíferos de médio e grande porte da Reserva Biológica Augusto Ruschi, Espírito Santo. Natureza on line, 12: 61-68, 2014.

GEISE, L.; PEREIRA, L.; BOSSI, D.; BERGALLO, H. Pattern of elevational distribution and richness of non volant mammals in Itatiaia national park and its surroundings, in southeastern Brazil. Braz. J. Biol., 64: 599-612, 2004.

GERARD, J.; CARGNELUTTI, B.; SPITZ, F.; VALET, G.; SARDIN, T. Habitat use of wild boar in a French agroecosystem from late winter to early summer. *Acta theriologica*, 36:119-129. 1991.

GISD (Global Invasive Species Database). Species profile: *Sus scrofa*; 3p, 2010. Downloaded from <http://www.iucngisd.org/gisd/speciesname/Sus+scrofa> on 28/07/2016

GÓMEZ, H.; WALLACE, B.; AYALA, G.; TEJEDA, R. Dry season activity periods of some Amazonian mammals. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 40: 91-95, 2005.

GONÇALVES, F. A invasão do javali na Serra da Mantiqueira: aspectos populacionais, uso do habitat e sua relação com o homem. 2015. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada da Universidade Federal de Lavras, Lavras, 92p, 2015.

GRAVES, H. Behavior and ecology of wild and feral swine (*sus scrofa*). *Journal of animal science*, 58: 271-277, 1984.

HERRERO, J. *et al.* Diet of wild boar *Sus scrofa*, L. and crop damage in an intensive agroecosystem. *European Journal of Wildlife Research*, 52: 245-250, 2006.

HONDA, T. Environmental Factors Affecting the Distribution of the Wild Boar, Sika Deer, Asiatic Black Bear and Japanese Macaque in central Japan, with implications for human-wildlife conflict. *Mammal study*, 34:107-116, 2009.

HONE, J. Feral pig rooting in a mountain forest and woodland: distribution, abundance and relationships with environmental variables. *Australian journal of ecology*, 13:393-400, 1988.

HURLBERT, S. Pseudoreplication And The Design Of Ecological Field Experiments. *Ecological Monographs*, 54: 187-211, 1984.

HUTTON, T. *et al.* Disease risks associated with increasing feral swine numbers and distribution in the united states. *Midwest Association of Fish and Wildlife Agencies*, 15p, 2006.

HUYNH, T.; AARNINK, A.; VERSTEGEN, M.; GERRITS, W.; HEETKAMP, M.; KEMP, B.; CANH, T. Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. *Journal of Animal Science*, 83: 1385-1396, 2005.

IBDF (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal). Plano de Manejo: Parque Nacional do Itatiaia. 202p, 1982.

ICMBIO (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). Plano de Manejo do Parque Nacional do Itatiaia. Encarte 3, 215p, 2013.

IOB, G.; VIEIRA, E. Seed predation of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae) in the Brazilian Araucaria Forest: influence of deposition site and comparative role of small and 'large' mammals. *Plant Ecology*, 198: 185–196, 2008.

KAMIL BARTON (2016). MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.15.6. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>> Acesso em: 01/08/2016

KAMINSKI, G.; BRANDT, S.; BAUBET, E.; BAUDOIN, C. Lifehistory patterns in female wild boars (*Sus scrofa*): mother–daughter post weaning associations. *Canadian Journal of Zoology*, 83: 474–480, 2005.

KARANTH, K.; NICHOLS, J. Monitoring tigers and their prey. A manual for researchers, managers and conservationists in Tropical Asia. Centre for Wildlife Studies, Bangalore, 193p, 2002.

KEULING, O.; STIER, N.; ROTH, M. Annual and seasonal space use of different age classes of female wild boar *Sus scrofa* L. *European Journal of Wildlife Research*, 54: 403–412, 2008a.

KEULING, O.; STIER, N.; ROTH, M. How does hunting influence activity and spatial usage in wild boar *Sus scrofa* L.? *Eur J Wildl Res*, 54: 729–737, 2008b.

KITTAWORNAT, A.; ZIMMERMAN, J. Toward a better understanding of pig behavior and pig welfare. *Animal Health Research Reviews*, 12: 25-32, 2010.

KÖPPEN, W. Das geographischa System der Klimate. In: Koppen W, Geiger R, editores. *Klimatologie*. Gebr: Borntraeger, Germany, 44p, 1936.

KOTULSKI, Y.; KÖNIG, A. Conflicts, crises and challenges: wild boar in the berlin city – a social empirical and statistical survey. *Nat. Croat.*, 17: 233-246, 2008.

KREYLING, J. Winter climate change: a critical factor for temperate vegetation performance. *Ecology*, 91:1939-1948, 2010.

LE SAOUT, S.; HOFFMANN, M.; SHI, Y.; HUGLES, A.; BERNARD, C.; BROOKS, T.; BERTZKY, B.; BUTCHART, S.; STUART, S.; BADMAN, T.; RODRIGUES, A. Protected areas and effective biodiversity conservation. *Science*, 342:803-805, 2013.

LEMEL, J.; TRUVE, J.; SODERBERG, B. Variation in ranging and activity behavior of European wild boar *Sus scrofa* in Sweden. *Wildl. Biol.*, 9: 29–36, 2003.

LEWIS, J. *et al.* Biotic and abiotic factors predicting the global distribution and population density of an invasive large mammal. *Scientific Reports*, 7:44152, 2017.

LOWE, S.; BROWNE, M.; BOUDJELAS, S.; DE POOTER, M. 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database. The invasive species specialist group (ISSG), 12p, 2000.

MAPSTON, M. Feral Hogs in Texas. The Texas A & M University system, 26p, 2012.

- MARTINS, M. Riqueza, diversidade de espécies e variação altitudinal de morcegos (Mammalia, Chiroptera) no Parque Nacional do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. 2011. Dissertação de Mestrado, Programa da Pós-Graduação em Biologia Animal da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 63p, 2011.
- MARTINS, N. Dynamics of Predation Among *Sus scrofa* (Predator) and *C. sylvestris* (Prey) in Pontal Region. UNICIÊNCIA, 16: 51-55, 2012.
- MASSEI, G.; GENOV, P. The Environmental Impact of Wild Boar. *Galemys*, 16:135-145, 2004.
- MASSEI, G.; GENOV, P.; STAINES, B.; GORMAN, M. Factors influencing home range and activity of wild boar (*Sus scrofa*) in a Mediterranean coastal area. *J zool.*, 242:411-423, 1997.
- MASSEI, G.; ROY, S.; BUNTING, R. Too many hogs? A review of methods to mitigate impact by wild boar and feral hogs. *Human-Wildlife Interactions*, 5:79-99, 2011.
- MAYER, J.; BRISBIN, I. *Wild Pigs: Biology, Damage Control Techniques and Management*. Aiken: Savannah River National Laboratory, 408p, 2009.
- MELIS, C.; SZAFRANSKA, P.; JEDRZEJEWSKA, B.; BARTON, K. Biogeographic variation in wild boar (*Sus scrofa* L.) density in western Eurasia. *Journal of Biogeography*, 33: 803-811, 2006.
- MITTERMEIER, R. *et al.* Hotspots Revisited. CEMEX, 378p, 2004.
- MOHAMED, F. *et al.* Foot-and-mouth disease in feral swine: susceptibility and transmission. *Transboundary Emerging Diseases*, 58: 358-371, 2011.
- MONTAGNARO, S. *et al.* Prevalence of antibodies to selected viral and bacterial pathogens in wild boar (*Sus scrofa*) in Campania Region, Italy. *Journal of Wildlife Diseases*, 46: 316-319, 2010.
- MORELLE, K. *et al.* Towards understanding wild boar *Sus scrofa* movement: a synthetic movement ecology approach. *Mammal Review*, 45: 15-29, 2015.
- MORELLE, K.; LEJEUNE, P. Seasonal variations of wild boar *Sus scrofa* distribution in agricultural landscapes: a species distribution modeling approach. *Eur. J. Wildl. Res.*, 61: 45-56, 2015.
- MOURÃO, G.; MEDRI, I. Activity of a specialized insectivorous mammal (*Myrmecophaga tridactyla*) in the Pantanal of Brazil. *Journal of Zoology*, 271:187-192, 2007.
- MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858, 2000.

OHASH, H. *et al.* Differences in the activity pattern of the wild boar *Sus scrofa* related to human disturbance. *Eur J Wildl Res.*, 59:167–177, 2013.

OLIVEIRA-FILHO, A.; FONTES, M. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. *Biotropica*, 32: 793-810, 2000.

OLIVEIRA-SANTOS, L. Ecologia e conservação de ungulados florestais em uma área do Pantanal. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul, 92p, 2009.

OLIVEIRA-SANTOS, L. *et al.* Influence of extrinsic variables on activity and habitat selection of lowland tapirs (*Tapirus terrestris*) in the coastal sand plain shrub, southern Brazil. *Mamm.Biol*, 75: 219-226, 2009.

OLIVER, W.; BRISBIN, I.; TAKAHASHI, S. 1993. The Eurasian wild pig, *Sus scrofa*. In William L. R. Oliver (ed.), *Pigs, peccaries, and hippos. Status survey and conservation action plan*. Gland: IUCN – The World Conservation Union, p. 112-121, 1993.

ORIANA- Kovach Computing Services [online]. 2012. Software Oriana. Version 4.0. Pentraeth, Wales, U.K.

Disponível em: < <http://www.kovcomp.co.uk/oriana/oribroc.html> > Acesso em: 01/10/2016

PANE, E. Estudo Hidrológico, Hidrogeológico e Geofísico no município de Itamonte - MG. 2001. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 84p, 2001.

PEDROSA, F.; SALERNO, R.; PADILHA, F.; GALETTI, M. Current distribution of invasive feral pigs in Brazil: economic impacts and ecological uncertainty. *Brazilian Journal of Nature Conservation*, 13: 84-87, 2015.

PEREIRA, C.; VALCARCEL, R.; BARBOSA, R. Quantificação da chuva oculta na serra do mar, estado do rio de janeiro. *Ciência Florestal*, 26: 1061-1073, 2016.

PODGÓRSKI, T. *et al.* Spatiotemporal behavioral plasticity of wild boar (*Sus scrofa*) under contrasting conditions of human pressure: primeval forest and metropolitan area. *Journal of Mammalogy*, 94:109–119, 2013.

POMPEU, P. Composição e estrutura de uma floresta ombrófila densa ao longo de um gradiente altitudinal na Serra da Mantiqueira, Minas Gerais. 2011. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Lavras, Lavras, 106p, 2011.

POMPEU, P. Modelagem da distribuição das florestas atlânticas nebulares da Serra da Mantiqueira. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Lavras, Lavras, 61p, 2015.

RANGEL, C.; NEIVA, C. Predação de Vertebrados por Cães *Canis lupus familiaris* (Mammalia: Carnivora) no Jardim Botânico do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, 3: 261-269, 2013.

RIBEIRO, M. *et al.* The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, 142: 1141-1153, 2009.

ROSA, C. Mamíferos exóticos invasores no Brasil: situação atual, riscos potenciais e impactos da invasão de porcos selvagens em florestas tropicais. Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação em Ecologia Aplicada da Universidade Federal de Lavras, Lavras, 160p, 2016.

ROSA, C.; CURI, N.; PUERTAS, F.; PASSAMANI, M. Alien terrestrial mammals in Brazil: current status and management. *Biological Invasions*, 23p, 2017.

ROSVOLD, J. *et al.* The rise and fall of wild boar in a northern environment: Evidence from stable isotopes and subfossil finds. *The Holocene*, 20:1113–1121, 2010.

SAFFORD, H. Brazilian Páramos IV. Phytogeography of the campos de altitude. *Journal of Biogeography*, 34: 1701–1722, 2007.

SAITO, M. *et al.* Forecasting the range expansion of a recolonising wild boar *Sus scrofa* population. *Wildlife Biology*, 18: 383–392, 2012.

SALVADOR, C. Ecologia e Manejo de javali (*Sus scrofa* L.) na América do Sul. Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 152 p. 2012.

SAMPAIO, A.; SCHMIDT, I. Espécies Exóticas Invasoras em Unidades de Conservação Federais do Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, 3: 32-49, 2013.

SANGUINETTI, J.; KITZBERGER, T. Factors controlling seed predation by rodents and non-native *Sus scrofa* in *Araucaria araucana* forests: potential effects on seedling establishment. *Biological Invasions*, 12: 689-706, 2010.

SCHLICHTING, P.; FRITTS, S.; MAYER, J.; GIPSON, P.; DABERT, C. Determinants of variation in home range of wild pigs. *Wildlife society bulletin*, 40:487-493, 2016.

SCILLITANI, L.; MONACO, A.; TOSO, S. Do intensive drive hunts affect wild boar (*Sus scrofa*) spatial behaviour in Italy? Some evidences and management implications. *Eur J Wildl Res*, 56:307–318, 2010.

SHEPHERD, J.; DITGEN, R. Rodent handling of *Araucaria araucana* seeds. *Austral Ecology*, 38: 23-32, 2012.

- SHI, J.; DUNBAR, R.; LI, D.; XIAO, W. Influence of climate and daylength on the activity budgets of feral goats (*Capra hircus*) on the isle of Rum, Scotland. *Zool. Res.*, 27: 561–568, 2006.
- SINGER, F.; OTTO, D.; TIPTON, A.; HABLE, C. Home ranges, movements, and habitat use of European wild boar in Tennessee. *The journal of wildlife management*, 45:343-353, 1981.
- SODEIKAT, G.; POHLMAYER, K. Temporary home range modifications of wild boar family groups (*Sus scrofa L.*) caused by drive hunts in Lower Saxony (Germany). *Z. Jagdwiss.*, 48:161-166, 2002.
- SOLÓRZANO-FILHO, J. Demografia, fenologia e ecologia da dispersão de sementes de *Araucaria angustifolia* em uma população relictual em Campos do Jordão, SP. 2001. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação da Universidade de São Paulo, São Paulo. 155p, 2001.
- SPEAR, D.; FOXCROFT, L.; BEZUIDENHOUT, H.; MCGEOCH, M. Human population density explains alien species richness in protected areas. *Biological Conservation*, 159: 137-147, 2013.
- SRBEK-ARAUJO, A.; CHIARELLO, A. Influence of camera-trap sampling design on mammal species capture rates and community structures in southeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 13: 51-62, 2013.
- SWEITZER, R. *et al.* Estimating Sizes of Wild Pig Populations in the North and Central Coast Regions of California. *The Journal of Wildlife Management*, 64:531-543, 2000.
- THOMAS, P. 2013. *Araucaria angustifolia*. The IUCN Red List of Threatened Species. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em 23 de janeiro de 2017.
- THURFJELL, H. *et al.* Habitat use and spatial patterns of wild boar *Sus scrofa*, (L.): Agricultural fields and edges. *European Journal of Wildlife Research*, 55: 517–523, 2009.
- THURFJELL, H.; SPONG, G.; ERICSSON, G. Effects of hunting on wild boar *Sus scrofa* behaviour. *Wildl. Biol*, 19: 87-93, 2013.
- TORRES, R.; AMBRÓSIO, I.; LOPES, I.; CANCELA, J.; FONSECA, C. Avaliação dos Estragos Causados pelo Javali (*Sus scrofa*) na Beira Litoral. *Silva Lusitana*, 20: 105- 122, 2012.
- VELOSO, H.; RANGEL, A.; LIMA, J. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 124p, 1991.
- VERBEKE, G.; MOLENBERGHS, G.; RIZOPOULOS, D. Random Effects Models for Longitudinal Data. In: MONTFORT, K. *et al.* Longitudinal Research with Latent Variables. 310p, 2010.

VIRGÓS, M. Factors affecting wild boar (*Sus scrofa*) occurrence in highly fragmented Mediterranean landscapes. *Can. J. Zool.*, 80: 430–435, 2002.

ZILLER, S.; DECHOUM, M. Plantas e Vertebrados Exóticos Invasores em Unidades de Conservação no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, 3: 4-31, 2013.

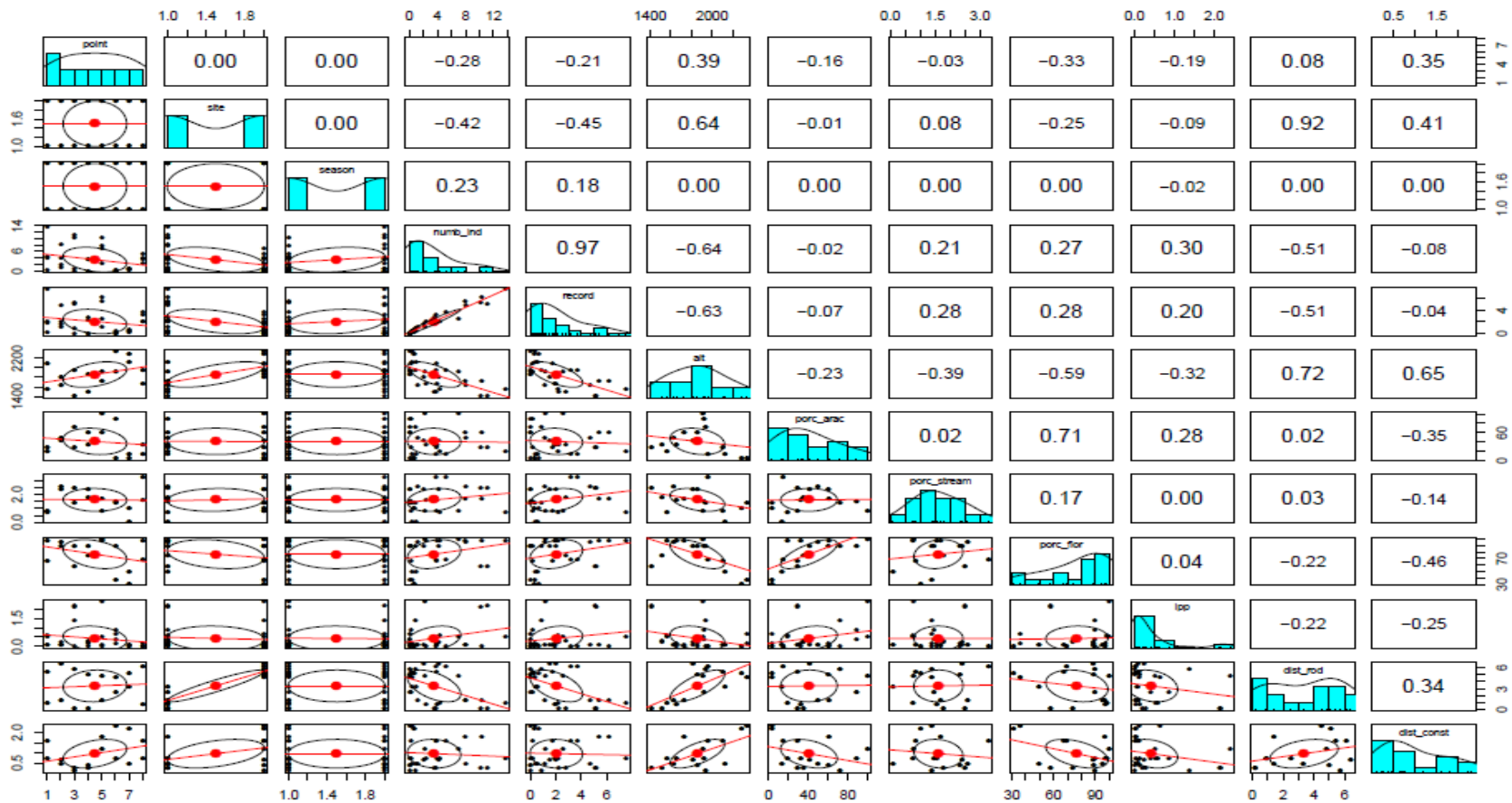
ANEXOS

Anexo 1: Valores das variáveis de paisagem, antrópicas e climáticas dos pontos amostrados no presente estudo

	Média	Desvio Padrão	Valor Máximo	Valor Mínimo
% Araucária	41.05	25.84	100	3.67
%Córrego	1.58	0.79	3.28	0.088
%Floresta	79.30	20.54	100	31.11
Altitude	1779.44	254.03	2334	1410
IIP	0.45	0.81	4.04	0
Dist.Rodovia (m)	2.41	2.00	6.4	0.18
Dist. Construção(m)	0.83	0.61	2.3	0.09
Temperatura Média	20.28	3.29	28	16
Umidade Média	71.32	13.56	90	40
Precipitação Acumulada	109.16	84.21	450	10

*IIP= índice de atividade antrópico

Anexo 2: Correlação geral dos resultados espaciais.



*season= período sazonal referente ao mês amostrado; alt=altitude; por_arac=porcentagem de araucária; porc_stream= porcentagem de córrego; porc_flor= porcentagem de floresta; Iip=índice de atividade antrópica; dist_rod= distância de rodovia; dist_const= distância de construção.

Anexo 3: Correlação geral dos resultados temporais



*time_sample= valor contínuo do tempo de amostragem feito para cada mês; season= período sazonal referente ao mês amostrado; anual_circle= valor numérico referente ao mês de amostragem; temp_reg= temperatura média da região por mês/ano; moist_reg= umidade média da região por mês/ano; rain_accum_reg= precipitação acumulada da região mês/ano.

