

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de 01/08/2021.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E BIODIVERSIDADE

Victor Gasperotto Krepschi

Respostas espaço-temporais de mamíferos de médio e grande porte em paisagens modificadas
de Cerrado do nordeste do estado de São Paulo

Tese apresentada ao Instituto de Biociências da
UNESP de Rio Claro, como parte das exigências
para a obtenção do título de Doutor em Ecologia e
Biodiversidade

RIO CLARO – SP

AGOSTO, 2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E BIODIVERSIDADE

Respostas espaço-temporais de mamíferos de médio e grande porte em paisagens modificadas
de Cerrado do nordeste do estado de São Paulo

Victor Gasperotto Krepschi

Orientador

Prof. Dr. Adriano Garcia Chiarello

Co-orientadores

Prof. Dr. Milton C Ribeiro

Prof. Dr. Silvio FB Ferraz

Profa. Dra. Larissa L Bailey

Tese apresentada ao Instituto de Biociências
da UNESP de Rio Claro, como parte das
exigências para a obtenção do título de Doutor
em Ecologia e Biodiversidade

RIO CLARO – SP

AGOSTO, 2019

K92r Krepschi, Victor Gasperotto
Respostas espaço-temporais de mamíferos de médio e grande porte em paisagens modificadas de Cerrado do nordeste do estado de São Paulo / Victor Gasperotto Krepschi. -- Rio Claro, 2019
90 p. : tabs., mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro
Orientador: Adriano Garcia Chiarello
Coorientador: Milton Cezar Ribeiro

1. Ecologia. 2. Ecologia de paisagens. 3. Ecologia animal. 4. Ecologia de cerrado. 5. Biodiversidade Conservação. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Rio Claro



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Respostas espaço-temporais de mamíferos de médio e grande porte em paisagens modificadas de Cerrado do nordeste do estado de São Paulo

AUTOR: VICTOR GASPEROTTO KREPSCHI

ORIENTADOR: ADRIANO GARCIA CHIARELLO

COORDENADOR: MILTON CEZAR RIBEIRO

COORIENTADOR: SILVIO FROSINI DE BARROS FERRAZ

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em ECOLOGIA E BIODIVERSIDADE, especialidade: Biodiversidade pela Comissão Examinadora:


 Prof. Dr. ADRIANO GARCIA CHIARELLO
 Departamento de Biologia / USP - Faculdade de Ciências e Letras de Ribeirão Preto - SP


 Prof. Dra. KATIA MARIA PASCHOALETTO MICCHI DE BARROS FERRAZ
 Departamento de Ciências Florestais / USP - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Piracicaba/SP


 Prof. Dr. DAVI RODRIGO ROSSATTO
 Departamento de Biologia Aplicada e Agropecuária / UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal - SP


 Prof. Dr. RONALDO GONÇALVES MORATO
 GENAP / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Atibaia/SP


 Prof. Dr. PAULO ESTEFANO DINELI BOBROWIEC
 Coordenação de Biodiversidade / Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - Manaus/AM

Rio Claro, 01 de agosto de 2019

Dedico essa tese aos professores e orientadores acadêmicos, os quais dispõem de preciosos momentos de suas vidas à preparação de seus discípulos acadêmicos.

I dedicate this dissertation to all professors and advisors of academy, which afford valuable moments of their lives preparing their academic disciples

Agradecimentos

Eu considero que esse trabalho não foi realizado individualmente, mas pela somatória da contribuição de muitas pessoas ao longo do seu desenvolvimento. Se faz necessário reconhecer ajuda de cada uma delas nas diferentes etapas da tese. No âmbito acadêmico, agradeço a todos os professores que tive na pós-graduação, que me ensinaram e me formaram, aos amigos que fiz no Departamento de Ecologia da Unesp Rio Claro, aos integrantes dos laboratórios que frequentei: LAEC (Laboratório de Ecologia e Conservação da FFCLRP USP de Ribeirão Preto), incluindo os demais membros da “Casa 39”, LEEC (Laboratório de Ecologia Espacial e Conservação do Departamento de Ecologia da Unesp Rio Claro), Laboratório do Prof. Paul Doherty Jr. (FWCB da Universidade do Colorado) e do Labinfo (Laboratório de Informática do Departamento de Ecologia, da Unesp Rio Claro). Agradeço individualmente os profissionais que me auxiliaram na obtenção e interpretação das imagens aéreas: Cláudia N Shida, Pablo Nepomuceno (LASERE do Departamento de Geografia da USP São Paulo), Adílson A. Ferreira (do IGC São Paulo), Carla C. Cassiano (Laboratório de Hidrologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais da USP/ESALQ Piracicaba) e em especial Nielson Pasqualotto, Natalia Versiani, Roberta Paolino e Thiago Rodrigues. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico– CNPq, número do processo 306848/2011-2, e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, número do processo: 2011/22449-4. O estágio no exterior não seria possível sem a contribuição do Prof. Dr. Adriano Paglia (UFMG), responsável pelo processo do convênio com a Universidade do Colorado, da Profa. Dra. Larissa Bailey, que além de me orientar, me inspirou, e ao meu pai Valdemar, por prover parte dos recursos utilizados na minha permanência no doutorado sanduíche. Reconheço com muita gratidão todos os servidores que atuam nas secretarias e setores das Universidades e que fazem a engrenagem funcionar de acordo com a demanda, essa, que nunca diminui. Menção especial à Ivana, Luis e Cristina. Meus últimos agradecimentos são para meus orientadores acadêmicos: Maurício, Bruna, Eveline, Flávio, Adriano, Milton, Silvio e Larissa, que desde a graduação até o doutorado, proveram as bases para minha formação, cada qual com suas potencialidades, que permanecerão como referências para mim no caminho que se segue da vida. No âmbito pessoal, agradeço à minha parceira Mayara, aos meus familiares e amigos que proveram apoio, de

diferentes maneiras, concomitantemente a essa fase da minha vida que se passou imersa no desenvolvimento dessa tese.

Resumo

O efeito da redução do habitat natural na biodiversidade é idiossincrática a respeito das relações que se estabelecem entre as espécies e as características das paisagens modificadas pelo homem. Nesse contexto, as evidências científicas evidenciam cada vez mais a importância de se utilizar não somente a escala espacial na interpretação das respostas da biodiversidade, mas também a escala temporal. A correlação dos parâmetros biológicos atuais com características do ambiente pretérito mostra que respostas atrasadas das espécies às modificações podem ocorrer após um distúrbio ambiental, o que como consequência, gera interpretação errôneas da relação das espécies com os ambientes da paisagem no presente, o que vem a comprometer as subseqüentes tomadas de decisão de viés conservacionista. A fim de compreender como espécies de mamíferos de médio e grande porte neotropicais estão respondendo à paisagens de Cerrado que passaram por redução de habitat ao longo de um intervalo temporal de 48 anos, a presente tese objetivou em seus capítulos: (i) caracterizar a trajetória e a transição das classes de cobertura e uso do solo de três paisagens modificadas pelo homem, (ii) Detectar a existência de respostas atrasadas de sete espécies de mamíferos neotropicais de médio e grande porte em relação ao ambiente nativo dessas três paisagens e (iii) detectar a existência de limiares ecológicos nas respostas de seis espécies de mamíferos neotropicais a ambientes nativo e antrópico. As três paisagens de estudo estão compreendidas na região nordeste do estado de São Paulo e possuem remanescentes de vegetação nativa de Cerrado e de Mata Atlântica sob diferentes graus de proteção ambiental. A partir dos limites das áreas protegidas criou-se uma zona de amortecimento de cinco quilômetros a fim de delimitar a extensão das paisagens a serem estudadas. As classes de cobertura e uso do solo dessas paisagens foi criada a partir de fotointerpretação de imagens aéreas, retroativamente no tempo, nos anos de 2010, 1983 e 1962. Foram determinadas 206 paisagens focais circulares de 200ha nas paisagens de estudo, de forma aleatória e igualmente distribuídas dentro e fora de áreas protegidas, a fim de se calcular a proporção das classes de cobertura e uso do solo em cada paisagem focal. Dessa forma, caracterizaram-se a trajetória de cada classe de cobertura e uso do solo e a transição das classes de vegetação nativa de cada paisagem, entre os períodos e entre as paisagens. Para a amostragem biológica de mamíferos de médio e grande porte foi instalada uma armadilha fotográfica durante 30 dias consecutivos em cada uma dessas paisagens focais para obtenção de registros fotográficos das espécies. Os registros de sete espécies foi individualmente estruturados em históricos de captura de 6 ocasiões de 5 dias, que juntamente com as covariáveis de paisagem específica de cada espécie, foi utilizado para as análises de respostas atrasadas (Capítulo 2) e de limiares ecológicos (Capítulo 3). O método de estimativa de ocupação considerando a detecção imperfeita de espécies, na estrutura de espécie única e estação única foi empregado para essas duas análises. Os principais resultados obtidos foram de que duas das paisagens possuíam predominância de Cerrado aberto (ambiente savânico) na primeira cena temporal da trajetória da paisagem, mostrando que a interpretação encontrada no ano de 2010, a qual indica uma similaridade das áreas em relação ao percentual de cobertura de vegetação nativa, é equivocada. Também demonstrou-se que as principais modificações no ambiente nativo ocorreram entre os anos de 1962 e 1983 em comparação com a magnitude de

modificação ocorrida no segundo período, de 1983 a 2010, principalmente em decorrência da expansão agrícola, em parte incentivada por ações governamentais como o programa Pró-álcool. O terceiro resultado mais importante desse capítulo foi a de detectar que o Cerrado aberto foi drasticamente substituído não somente pelas culturas de cana e de reflorestamento comercial de eucalipto e pinus, mas também pela contínua substituição ocasionada adensamento de espécies florestais sobre as espécies da savana, um fenômeno que ocorre ao redor das savanas do mundo conhecido como “savanna encroachment”, como uma consequência da supressão do fogo no ecossistema savânico do Cerrado. O resultado das análises de respostas atrasadas evidenciou que das sete espécies de mamíferos investigadas, três, o tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), o lobo-guará (*Chrysocyon brachiurus*) e o veado-catingueiro (*Mazama gouazoubira*), estão mais fortemente associadas com o Cerrado aberto existente em 1962 do que com as classes de cobertura do solo da paisagem atual, com exceção do lobo-guará, que também demonstrou uma resposta negativa à proporção atual de cana-de-açúcar nas paisagens. Baseando-se na literatura disponível de respostas atrasadas, estimou-se, de forma conservadora, que um intervalo de tempo entre 40 e 60 anos seria necessário para a primeira espécie de mamífero de grande porte se extinguir das paisagens, o que provavelmente já ocorreu na comunidade de mamíferos neotropicais de médio e grande porte dessa região. Em relação à ocorrência de limiares ecológicos na resposta das espécies à vegetação nativa e à silvicultura, foi encontrado que somente o caititu (*Pecary tajacu*) apresenta resposta em limiar para a floresta nativa em uma das paisagens, necessitando quantidades superiores a 50% de floresta nativa na paisagem para assegurar que declínios acentuados em sua ocupação não ocorram. Ainda que as paisagens de estudo não retenham essa quantidade de vegetação nativa como um todo (retém em torno de 27% de cobertura de vegetação nativa), o que se sugere é que a presença de um único e grande remanescente de vegetação nativa protegido como Unidade de Conservação Integral em uma das paisagens do estudo esteja exercendo efeito positivo na permanência dessa espécie de mamífero com elevada dependência dos recursos florestais. Essa evidência se contrapõe à proposição do Projeto de Lei nº 2362/2019, em tramitação no Senado Brasileiro, de revogar a existência das Reservas Legais no Código Florestal da Constituição Brasileira, essas que compreendem uma quantia fixa de ambientes nativos preservados dentro de terras privadas para assegurar o bom funcionamento e provisão de serviços do ecossistema. Os achados desse estudo indicam que o desaparecimento das savanas nas paisagens de estudo ameaça a permanência de espécies de mamíferos de médio e grande porte, incluindo duas espécies que encontram-se sob estado de ameaça de extinção. A principal medida de conservação sugerida para essas paisagens de estudo e contextos de ocupação humana similares em outras localidades é a de aumentar a proporção de vegetação nativa em paisagens modificadas pelo homem, em especial das fitofisionomias abertas do bioma Cerrado. Contudo, recomenda-se que técnicas de restauração apropriadas para a manutenção do Cerrado savânico sejam adotadas, de forma a evitar que ambientes florestais nativos aumentem em detrimento de ambientes nativos de feição aberta.

Palavras-chave: Cerrado, mamíferos de médio e grande porte, respostas atrasadas, débito de extinção, limiares ecológicos

Abstract

The effect of habitat reduction on biodiversity is idiosyncratic regarding the established relationships among species and the traits of human-modified landscapes. In this manner novel scientific evidences point to the importance of considering not only the spatial scale on the interpretation of species responses, but also the temporal scale. The correlation between biological parameters of the present and environmental traits of the past show that species might present delayed responses after a disturbance event, and as consequence, species responses to current landscape traits may be misleading for conservation purposes and environmental management actions. In order to understand how the neotropical medium and large-sized mammals are responding to human-modified landscapes of Cerrado under a 48-years interval of disturbance, the present dissertation aimed in their three chapters: (i) to describe land use and land cover trajectory and native vegetation transition of three human-modified landscapes, (ii) to detect the existence of time-lagged responses among seven neotropical medium and large-sized mammal species to their the natural environment and (iii) to detect the existence of ecological threshold responses of six neotropical medium and large-sized mammal species to natural and human-modified environments. The three studied landscapes are located in the northeastern region of São Paulo State and harbor important protected remnants of Cerrado and Atlantic Rainforest under distinct levels of environmental protection enforcement. From the edges of the protected remnants a 5 km buffer zone was established to settle the limits of the landscape under study. Land use and land cover categories were mapped from visual interpretation of aerial images, backwards in time, in three distinct time scenes: 2010, 1983 and 1962. A total of 206 focal landscapes with area of 200ha were randomly created in all three landscapes with a balanced distribution inside and outside of protected areas, aiming the obtaining of the proportion of each class of land cover in each focal landscape. The trajectory of land cover classes and the transition of native vegetation were characterized for each landscape separately to perform comparison within and among landscapes. Medium and large-sized mammal species were surveyed through one camera-trap device placed during 30 days in each focal landscape. The individual history of records of the seven elected species of mammals were arranged in six occasions of five days and joined to the landscape covariates chosen for each species to perform time-lag responses analysis (chapter 2 of this dissertation) and ecological thresholds analysis (Chapter 3). Occupancy estimates modelling accounting for imperfect detection was adopted for both analysis in the in the single species/single framework. The main results of landscape transition showed that two of the three landscapes were mostly covered by the open savannah in 1962 while the third landscape by the wooded savanna, showing that relying in present time native vegetation proportion in the landscape (year of 2010), which by its turn denoted similarity in vegetation composition among the studied landscapes, might be misleading. It was also detected that the main changes in natural environment occurred during 1962 and 1983 period in comparison with the magnitude of change of the second period, between 1983 to 2010, which was partially as a consequence of governmental incentives to agricultural expansion. The third important result of landscape trajectory was noticing that the opened savanna environments were replaced not only but sugar cane and forestry crops, but also encroached by the continuous growth of the wooded savanna species, a phenomena known as “savanna encroachment”, a consequence of fire suppression in the Cerrado ecosystem. The results found for time-lag responses showed that among the seven mammal species analyzed, three species, named the giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*), the maned wolf (*Chrysocyon brachiurus*) and the brown brocket deer (*Mazama gouazoubira*)

are still responding to the opened savannah environments of 1962 instead of the current land cover types that substitute them, with the exception of the maned wolf negative response to sugar cane proportion in the landscape. Based on literature data, a conservative estimation points to a 40 to 60 years delay in medium and large-sized mammal response to the first local species extinction take place, what has probably occurred in the community of neotropical medium and large-sized mammals of the studied region. This suggests an uncertain future for the three species presenting delayed responses in the modified landscapes. Regarding the occurrence of ecological threshold responses of the mammal species to native and anthropogenic environments, it was found that collared peccary occupancy presents a steep decline in the threshold cut-value of 50% of native forest in the landscape, even though the landscape where peccary occurs present a mean proportion of 27% of this land cover type. In this sense, it is probable that the presence of the single and large remnant of wooded forest, enforced by law as a Full Protection Conservation Unit, might be exerting a positive effect in the presence of this forest dwelling species, which highly depends on native forest resources. This evidences counteract the recently proposed Law Project (number 2362/2019) processing in the Brazilian Congress, which intend to revoke the category of environmental protection of “Legal Reserves” (a fixed set-aside portion of land of native environment in private lands that assures the maintenance of biodiversity and ecosystem services) from the Brazilian Constitution in favor of agricultural expansion in the country. The evidences of this study indicates that the decrease of the opened savannas in the studied landscapes is a threat to the maintenance of medium and large-sized mammal species. Based in these findings, the most important conservation action suggested to be implemented in the landscapes of this study and other landscapes with similar environmental scenario is to increase the proportion of native vegetation in human-modified landscapes, especially the opened physiognomies of Cerrado. Notwithstanding, it is recommended the adoption of appropriated restoration management technics in order assure the maintenance of the opened Cerrado environments and prevent the savannah encroachment by forests.

Keywords: Savannah, medium and large-sized mammals, time-lagged responses, extinction debt, ecological thresholds

Sumário

Introdução	12
Chapter 1 Spatio-temporal dynamics of anthropic landscapes reveals savanna encroachment	14
Abstract	14
Introduction	15
Material and Methods	17
Results	22
Discussion	27
Acknowledgements	32
Chapter 2 Time-lagged response of mammals in human-dominated cerrado landscapes	34
Abstract	34
Introduction	35
Material and Methods	37
Results	42
Discussion	49
Conclusions	54
Acknowledgements	55
Supplementary Material	56
Chapter 3 Critical threshold responses of medium and large-sized mammals to natural and agricultural environments	58
Abstract	58
Introduction	59
Material and Methods	62
Results	66
Discussion	70
Acknowledgements	74
Supplementary Material	75
Conclusão	79
Referências	81

Introdução

A motivação do presente estudo foi a de ampliar a compreensão de como as espécies de mamíferos neotropicais de médio e grande porte utilizam as paisagens modificadas pelo homem. Contudo, a investigação das relações entre as espécies e seu habitat foi além das condições atuais da paisagem, e incluiu a relação das espécies com a vegetação existente no passado. A lógica desse procedimento é de que, apesar de atualmente grande parte das paisagens modificadas pelo homem estarem cobertas por ambientes de uso antrópico (como por exemplo, plantações agrícolas e áreas urbanas), em outrora, essas já estiveram cobertas por vegetação nativa. A descrição da trajetória da vegetação foi a base para descobrir se algumas espécies, como as de ciclo de vida mais longo e com tolerância às mudanças ambientais, ainda respondem à vegetação nativa do passado. Essa resposta pode persistir ao longo de muitos anos após um distúrbio ambiental, o que é conhecido como resposta atrasada (em inglês, *time-lagged response*). Uma vez descartada a existência do atraso temporal nas respostas de mamíferos de médio e grande porte, pode-se então compreender o efeito que os ambientes naturais e antrópicos das paisagens modificadas atuais exercem sobre o uso que as espécies fazem do seu habitat. Nesse contexto ambiental, os remanescentes de vegetação nativa se tornam os protagonistas na persistência das espécies e pouca atenção é dada aos demais ambientes de uso humano nas respostas desses animais. Mediante às crescentes evidências de que até mesmo espécies ameaçadas persistem nessas paisagens modificadas pelo homem, buscou-se entender juntamente aos ambientes nativos, qual o efeito dos ambientes antrópicos no uso que os mamíferos fazem da paisagem. Essa constatação se deu avaliando a relação da presença das espécies com o gradual aumento dos ambientes antrópicos, a fim de encontrar tanto a influência (positiva ou negativa) desses ambientes como a existência de mudanças súbitas de resposta. A detecção dessas proporções limite nas respostas das espécies é conhecida como limiar ecológico (do termo em inglês *ecological threshold*). Uma vez que essas relações entre as espécies e os ambientes foram exploradas de forma individual, o que se espera é que as respostas encontradas reflitam as exigências ambientais dessas espécies, isso é, estejam relacionadas com as suas características biológicas e ecológicas, atingindo o que desdobra na possibilidade de propor medidas de conservação pautadas em dados empíricos. Dessa forma, o estudo que se segue nessa tese teve como objetivos gerais, primeiramente (Capítulo 1) descrever a trajetória temporal da vegetação nativa nas paisagens selecionadas para o estudo das respostas dos mamíferos de médio e grande porte, segundo constatar se as espécies de mamíferos estão respondendo à vegetação nativa do passado ou do presente (Capítulo 2) e por fim, avaliar se as respostas das espécies ao ambiente presente, tanto em relação aos ambientes nativos, como em

relação aos ambientes de uso agrícola, são positivas ou negativas e se ocorrem mudanças súbitas nessas respostas à medida que a proporção desses ambientes aumenta na paisagem. Os capítulos da presente tese foram apresentados em forma de artigos científicos completos e no idioma inglês.

Conclusão

A conclusão geral desse estudo é de que as respostas biológicas aferidas em áreas de uso humano não estão sendo moldadas somente pelas características atuais da paisagem, mas são também influenciadas por processos ecológicos que atuam espacial e temporalmente nas paisagens. A detecção da ocorrência desses processos ecológicos foi possível, principalmente, devido à incorporação da idiosincrasia ecológica das espécies nas metodologias e nas análises empregadas no estudo. Nesse sentido, três recomendações podem ser sugeridas para futuros estudos: primeiro, a de investigar o histórico e a trajetória do habitat primário usado pelas espécies, o que revelou em nosso estudo a forma correta de agrupar as paisagens previamente à análise de respostas dos mamíferos; segundo, o emprego de modelos de estimativa de ocupação de espécie única considerando detecção imperfeita, o qual demonstrou ser um método adequado para inferir com precisão a existência de respostas temporais e de limiares ecológicos nas paisagens; e por fim, a importância de se excluírem das análises os ambientes em que foram encontrados evidências de respostas atrasadas, o que diminui as chances de encontrar respostas imprecisas e de interpretar erroneamente as respostas dos mamíferos aos ambientes estudados.

Especificamente em relação às respostas atrasadas de mamíferos de médio e grande porte, conclui-se que o tempo de relaxamento seja maior do que o constatado previamente para esse e outros grupos taxonômicos de vertebrados. Isso significa que a quantidade de Cerrado aberto existente nas paisagens atuais pode não ser suficiente para garantir a persistência populacional de três espécies de mamíferos em duas das áreas de estudo. Dessa forma, considerando que nossas inferências foram feitas baseando-se na resposta da espécie pela proporção de habitat primário, a principal medida de conservação recomendada para essas localidades é o aumento da quantidade de Cerrado aberto nas paisagens, o que envolve medidas de restauração e o manejo adequado das fisionomias abertas do Cerrado já existentes na paisagem, que por sua vez, vêm sendo afetadas pelo fenômeno de encolhimento de savanas, que apesar de não causar a diminuição da quantidade de vegetação nativa da paisagem, substitui as feições abertas do Cerrado pela fisionomia florestal, colocando em risco a heterogeneidade desse bioma.

As conclusões a respeito dos limiares críticos na paisagem, corroboraram a importância da influência da especialização e da sensibilidade da espécie em relação ao seu habitat primário na detecção precisa de respostas não lineares. O valor de inflexão da

resposta não linear do cateto à quantidade de floresta nativa demonstra que se faz necessário manter proporções desse ambiente acima de 50% da cobertura total da paisagem, a fim de diminuir o risco de ocorrer respostas negativas abruptas da população. Contudo, considerando que a quantidade de floresta na paisagem de estudo é menor do que a encontrada para a espécie, ficou implícito que a população local esteja sendo positivamente influenciada pela presença de um grande e contínuo remanescente de Cerrado protegido, fato que reforça a necessidade de se manterem as áreas protegidas de maior tamanho nas paisagens agrícolas para a manutenção da biodiversidade. Ademais, constatou-se que várias espécies de mamíferos de médio e grande porte interagem com os ambientes da paisagem modificada, mas o fazem sem dependência, isso é, de acordo com sua necessidade ecológica e disponibilidade temporal de recursos. Para entender a resposta limiars dessas espécies que possuem maior resiliência e plasticidade, se faz necessário mais estudos buscando entender o conjunto de relações que moldam seu uso do ambiente.

Por fim, mediante o conhecimento de que processos ecológicos temporais (respostas atrasadas) e não-lineares (limiars críticos de paisagem) atuam na resposta de espécies de mamíferos de médio e grande porte inseridos em paisagens modificadas pelo homem, as medidas de conservação a serem tomadas para as espécies desse grupo biológico dependem do olhar cuidadoso dos pesquisadores, dos tomadores de decisão e dos propositores de políticas públicas sobre os parâmetros ambientais obtidos no tempo presente, considerando a possibilidade de que eles não traduzem um estado ecológico estacionário da população, mas transitório, que pode estar sob influência de eventos ocorridos no passado e que são detectáveis ao nível de paisagem. Isso por sua vez, mesmo baseado em fatos empíricos, pode induzir a conclusões espúrias.

Referências

- Abreu RCR, Hoffmann WA, Vasconcelos HL, et al (2017) The biodiversity cost of carbon sequestration in tropical savanna. *Sci Adv* 3:e1701284. doi: 10.1126/sciadv.1701284
- Alofs KM, González AV, Fowler NL (2014) Local native plant diversity responds to habitat loss and fragmentation over different time spans and spatial scales. *Plant Ecol* 215:1139–1151. doi: 10.1007/s11258-014-0372-5
- Andrade-Núñez MJ, Aide TM (2010) Effects of habitat and landscape characteristics on medium and large mammal species richness and composition in northern Uruguay. *Zool* 27:909–917. doi: 10.1590/S1984-46702010000600012
- Andrén H (1994) Effects of Habitat Fragmentation on Birds and Mammals in Landscapes with Different Proportions of Suitable Habitat : A Review. *Nordic Society Oikos* 71:355–366.
- Banks-Leite C, Pardini R, Tambosi LR, et al (2014) Using ecological thresholds to evaluate the costs and benefits of set-asides in a biodiversity hotspot. *Science* 345(6200):1041-1045.
- Beca G, Vancine MH, Carvalho CS, et al. (2017) High mammal species turnover in forest patches immersed in biofuel plantations. *Biol Conserv* 210:352–359. doi: 10.1016/j.biocon.2017.02.033
- Bertassoni A, Mourão G, Ribeiro RC, et al. (2017) Movement patterns and space use of the first giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*) monitored in São Paulo State, Brazil. *Stud Neotrop Fauna Environ* 52:68–74. doi: 10.1080/01650521.2016.1272167
- Boesing AL, Nichols E, Metzger JP (2018) Biodiversity extinction thresholds are modulated by matrix type. *Ecography (Cop)* 41:1520–1533. doi: 10.1111/ecog.03365
- Bommarco R, Lindborg R, Marini L, Öckinger E (2014) Extinction debt for plants and flower-visiting insects in landscapes with contrasting land use history. *Diversity and Distributions* 20:591-599.
- Bond WJ, Parr CL (2010) Beyond the forest edge : Ecology , diversity and conservation of the grassy biomes. *Biol Conserv* 143:2395–2404. doi: 10.1016/j.biocon.2009.12.012
- Boscolo D, Metzger JP (2009) Is bird incidence in Atlantic forest fragments influenced by landscape patterns at multiple scales? *Landsc Ecol* 24:907–918. doi: 10.1007/s10980-009-9370-8
- Brancalion PHS, Garcia LC, Loyola R, et al (2016) Análise crítica da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (2012), que substitui o antigo Código Florestal: atualizações e ações em curso. *Natureza e Conservação* 14(1):e1-e16. doi: 10.1016/j.ncon2016.03.004
- Brasil (1965) Código Florestal. Available at <http://www2.planalto.gov.br>, website accessed in January, 28th 2019
- Breda VA. Ocorrência do caititu, *Pecari tajacu* (Mammalia, Artiodactyla), no interior e entorno do maior remanescente de Cerrado de São Paulo. Monography, University of São Paulo, 2017.

- Bressan PM, Kierulff MCM, Sugieda AM (org.). Fauna ameaçada de extinção no Estado de São Paulo: Vertebrados. São Paulo, Fundação Parque Zoológico de São Paulo, 648 pp, São Paulo: Secretaria de Meio Ambiente, 2009.
- Brito, J. G. Comunidade de invertebrados aquáticos como ferramenta para avaliar o efeito do uso da terra sobre riachos da Amazônia Oriental, Brasil. PhD dissertation, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM (2016).
- Brooks TM, Pimm SL, Oyugi JO (1999) Time Lag between Deforestation and Bird Extinction in Tropical Forest Fragments. *Cons Biol* 13(5):1140-1150.
- Burnham KP, Anderson DR. Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach, second ed., Springer, New York, USA, 2002.
- Cava MGB, Pilon NAL, Ribeiro MC, Durigan G (2018) Abandoned pastures cannot spontaneously recover the attributes of old-growth savannas. *J Appl Ecol* 55:1164–1172. doi: 10.1111/1365-2664.13046
- Chen Y, Peng S (2017) Evidence and mapping of extinction debts for global forest-dwelling reptiles, amphibians and mammals. *Sci Rep* 7:1–10. doi: 10.1038/srep44305
- Cowlishaw G (1999) Predicting the pattern of decline of African primate diversity: an extinction debt from historical deforestation. *Conserv Biol* 13:1183–1193.
- de Rezende CL, Uezu A, Scarano FR, Araujo DSD (2015) Atlantic Forest spontaneous regeneration at landscape scale. *Biodivers Conserv* 24:2255–2272. doi: 10.1007/s10531-015-0980-y
- Diamond JM (1972) Biogeographic Kinetics: Estimation of Relaxation Times for Avifaunas of Southwest Pacific Islands. *Proceedings of Natural Academy of Science* 69(11):3199-3203.
- Dietz JM (1985) *Chrysocyon brachyurus*. *Mammalian Species* 234:1–4.
- Dirzo R, Young HS, Galetti M, et al. (2014) Defaunation in the Anthropocene. *Science* 345(6195):401-406. doi: 10.1126/science.1251817
- Dotta G, Verdade LM (2011) Medium to large-sized mammals in agricultural landscapes of south-eastern Brazil. *Mammalia* 75:345–352. doi: 10.1515/MAMM.2011.049
- Durigan G, Ratter JA (2016). The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation. *Journal of Applied Ecology* 53:11-15. doi: 10.1111/1365-2664.12559
- Essl F, Dullinger S, Rabitsch W, et al. (2015) Delayed biodiversity change: No time to waste. *Trends Ecol Evol* 30:375–378. doi: 10.1016/j.tree.2015.05.002
- Estavillo C, Pardini R, Da Rocha PLB (2013) Forest loss and the biodiversity threshold: An evaluation considering species habitat requirements and the use of matrix habitats. *PLoS One* 8:1–10. doi: 10.1371/journal.pone.0082369
- Fahrig L (2003) Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 34:487–515. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419
- Fahrig L (2013) Rethinking patch size and isolation effects: the habitat amount hypothesis. *Journal of Biogeography* 40:1649-1663. doi: 10.1111/jbi.12130

- Ferraz G, Russell GJ, Stouffer PC, et al. (2003) Rates of species loss from Amazonian forest fragments. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100(24):14069–14073. doi: 10.1073/pnas.2336195100
- Ferraz KMPMB, Siqueira MF, Martin JÁ, et al. (2010) Assessment of *Cerdocyon thous* distribution in an agricultural mosaic, southeastern Brazil. *Mammalia* 74:275–280. doi: 10.1515/MAMM.2010.036
- Ferraz SFB, Vettorazzi CA, Theobald DM, Ballester MVR (2005) Landscape dynamics of Amazonian deforestation between 1984 and 2002 in central Rondônia, Brazil: Assessment and future scenarios. *For Ecol Manage* 204:67–83. doi: 10.1016/j.foreco.2004.07.073
- Ferraz SFB, Vettorazzi CA, Theobald DM (2009) Using indicators of deforestation and land-use dynamics to support conservation strategies: A case study of central Rondônia, Brazil. *For Ecol Manage* 257:1586–1595. doi: 10.1016/j.foreco.2009.01.013
- Ferraz SFB, Ferraz KMPMB, Cassiano CC, et al (2014) How good are tropical forest patches for ecosystem services provisioning? *Landsc Ecol* 29:187–200. doi: 10.1007/s10980-014-9988-z
- Ferreguetti ÁC, Tomás WM, Bergallo HG (2015) Density, occupancy, and activity pattern of two sympatric deer (*Mazama*) in the Atlantic Forest, Brazil. *J Mammal* 96:1245–1254. doi: 10.1093/jmammal/gyv132
- Ferreira GB, Ahumada JÁ, Oliveira MJR, et al. (2017) Assessing the conservation value of secondary savanna for large mammals in the Brazilian Cerrado. *Biotropica* 49:734–744. doi: 10.1111/btp.12450
- Gheler-Costa C, Vettorazzi CA, Pardini R, et al. (2012) The distribution and abundance of small mammals in agroecosystems of southeastern Brazil. *Mammalia* 76:185–191. doi: 10.1515/mammalia-2011-0109
- Gheler-Costa C, Botero GP, Reia L, et al. (2018) Ecologia trófica de onça-parda (*Puma concolor*) em paisagem agrícola. *Ver Agro Amb* 11(1):203–225.
- GRASS Development Team (2015) Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) Software, Version 6.4. Open Source Geospatial Foundation. Electronic document: <http://grass.osgeo.org>
- Grecchi RC, Gwyn QHJ, Bénié GB (2014) Land use and land cover changes in the Brazilian Cerrado : A multidisciplinary approach to assess the impacts of agricultural expansion. *Applied Geography* 55:300–312. doi: 10.1016/j.apgeog.2014.09.014
- Halley JM, Monokrousos N, Mazaris AD, et al. (2016) Dynamics of extinction debt across five taxonomic groups. *Nat Commun* 7:1–6. doi: 10.1038/ncomms12283
- Halstead BJ, Wylie GD, Casazza ML (2014) Ghost of habitat past: Historic habitat affects the contemporary distribution of giant garter snakes in a modified landscape. *Anim Conserv* 17:144–153. doi: 10.1111/acv.12073
- Hanski I (2015) Habitat fragmentation and species richness. *J Biogeogr* 42:989–993. Doi: 10.1111/jbi.12478
- Hanski I, Ovaskainen O (2002) Extinction debt at extinction threshold. *Conserv Biol* 16:666–673. doi: 10.1046/j.1523-1739.2002.00342.x

- Heim N, Fisher JT, Clevenger A, et al. (2017) Cumulative effects of climate and landscape change drive spatial distribution of Rocky Mountain wolverine (*Gulo gulo* L.). *Ecol Evol* 1–12. doi: 10.1002/ece3.3337
- Hylander K, Ehrlén J (2013) The mechanisms causing extinction debts. *Trends Ecol Evol* 28:341–346. doi: 10.1016/j.tree.2013.01.010
- ICMBio. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume 2 – Mamíferos, 1ª Edição, Brasília: ICMBio/MMA, 2018.
- Jackson ST, Sax DF (2010) Balancing biodiversity in a changing environment: extinction debt, immigration credit and species turnover. *Trends in Ecology and Evolution* 25(3):153–160. doi: 10.1016/j.tree.2009.10.001
- Jácomo ATA, Silveira L, Diniz-Filho JAF (2004) Niche separation between the maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*), the crab-eating fox (*Dusicyon thous*) and the hoary fox (*Dusicyon vetulus*) in central Brazil. *J Zool* 262:99–106. doi: 10.1017/S0952836903004473
- Jorge MLSP, Galetti M, Ribeiro MC, et al. (2013) Mammal defaunation as surrogate of trophic cascades in biodiversity hotspot. *Biological Conservation* 163:49–57. doi: 10.1016/j.biocon.2013.04.018
- Keuroghlian A, Eaton DP, Longland WS (2004) Area use by white-lipped and collared peccaries (*Tayassu pecari* and *Tayassu tajacu*) in a tropical forest fragment. *Biological Conservation* 120(3):411–425. doi: 10.1016/j.biocon.2004.03.016
- Kitzes J, Harte J (2015) Predicting extinction debt from community patterns. *Ecology* 96:2127–2136. doi: 10.1890/14-1594.1
- Koyanagi TF, Akasaka M, Oguma H, et al (2017) Evaluating the local habitat history deepens the understanding of the extinction debt for endangered plant species in semi-natural grasslands. *Plant Ecol* 218:725–735. doi: 10.1007/s11258-017-0724-z
- Kuussaari M, Bommarco R, Heikkinen RK, et al. (2009) Extinction debt: a challenge for biodiversity conservation. *Trends Ecol Evol* 24:564–571. doi: 10.1016/j.tree.2009.04.011
- Lima MM, Mariano-Neto E (2014) Extinction thresholds for Sapotaceae due to forest cover in Atlantic Forest landscapes. *For Ecol Manage* 312:260–270. doi: 10.1016/j.foreco.2013.09.003
- Lindborg R, Eriksson O (2004) Historical landscape connectivity affects present plant species diversity. *Ecology* 85(7):1840–1845.
- Lira PK, Ewers RM, Banks-Leite C, et al (2012a) Evaluating the legacy of landscape history: Extinction debt and species credit in bird and small mammal assemblages in the Brazilian Atlantic Forest. *J Appl Ecol* 49:1325–1333. doi: 10.1111/j.1365-2664.2012.02214.x
- Lira PK, Tambosi LR, Ewers RM, et al (2012b) Forest Ecology and Management Land-use and land-cover change in Atlantic Forest landscapes. *For Ecol Manage* 278:80–89. doi: 10.1016/j.foreco.2012.05.008
- Livingston AC, Varner JM, Jules ES, et al (2016) Prescribed fire and conifer removal promote positive understorey vegetation responses in oak woodlands. *J Appl Ecol* 53:1604–1612. doi: 10.1111/1365-2664.12703

- Lyra-Jorge MC, Ciocheti G, Tambosi L, et al. Carnivorous mammals in a mosaic landscape in southeastern Brazil: Is it possible to keep them in an agro-silvicultural landscape? In: Runas J and Dahlgren T, Grassland Biodiversity-Habitat Types, 317–332p, 2009. doi: 10.1007/s10531-008-9366-8
- Lyra-Jorge MC, Ribeiro MC, Ciocheti G, et al. (2010) Influence of multi-scale landscape structure on the occurrence of carnivorous mammals in a human-modified savanna, Brazil. *Eur J Wild Res* 56:359-368. doi: 10.1007/s10344-009-0324-x
- Mackenzie DI (2006) Modeling the probability of resource use: the effect of, and dealing with, detecting a species imperfectly. *Journal of Wildlife Management* 70:367-374.
- Mackenzie DI, Nichols JD, Royle JA, et al. *Occupancy Estimation and Modelling: inferring patterns and dynamics of species occurrence*, second edition, Elsevier Academic Press, 641 pp., 2017.
- Magioli M, Moreira MZ, Ferraz KMB, et al. (2014) Stable isotope evidence of *Puma concolor* (Felidae) feeding patterns in agricultural landscapes in southeastern Brazil. *Biotropica* 46(4):451-460. doi: 10.1111/btp.12115
- Magioli M, Ribeiro MC, Ferraz KMPMB, Rodrigues MG (2015) Thresholds in the relationship between functional diversity and patch size for mammals in the Brazilian Atlantic Forest. *Anim Conserv* 18:499–511. doi: 10.1111/acv.12201
- Magioli M, Ferraz KMPMB, Setz EZF, et al. (2016) Connectivity maintain mammal assemblages functional diversity within agricultural and fragmented landscapes. *Eur J Wildl Res* 62:431–446. doi: 10.1007/s10344-016-1017-x
- Martensen AC, Ribeiro MC, Banks-Leite C, et al (2012) Associations of Forest Cover, Fragment Area, and Connectivity with Neotropical Understory Bird Species Richness and Abundance. *Conserv Biol* 26:1100–1111. doi: 10.1111/j.1523-1739.2012.01940.x
- Massara RL, Paschoal AM de O, Bayle LL, et al. (2016) Ecological interactions between ocelots and sympatric mesocarnivores in protected areas of the Atlantic Forest, southeastern Brazil. *Journal of Mammalogy* 97(6):1634-1644. doi:10.1093/jmammal/gyw129
- Massara RL, Paschoal AM de O, Hirsch A, Chiarello AG (2012) Diet and habitat use by maned wolf outside protected areas in eastern Brazil. *Trop Conserv Sci* 5:284–300.
- Massara RL, Paschoal AM de O, L. Bailey L, et al. (2017) Factors influencing ocelot occupancy in Brazilian Atlantic Forest reserves. *Biotropica* 50:125–134. doi: 10.1111/btp.12481
- McArthur RH and Wilson EO. *The Theory of Island Biogeography*. Monographs in population biology. I. Princeton University Press, Princeton, 1967.
- Metzger JP, Martensen AC, Dixo M, et al (2009) Time-lag in biological responses to landscape changes in a highly dynamic Atlantic forest region. *Biol Conserv* 142:1166–1177. doi: 10.1016/j.biocon.2009.01.033
- Michalski F, Peres C (2005) Anthropogenic determinants of primate and carnivore local extinctions in fragmented forest landscape of southern Amazonia. *Biological Conservation* 124:383-396.

- Moledo JC, Saad AR, Dalmas FB, et al (2016) Impactos ambientais relativos à silvicultura de eucalipto: uma análise comparativa do desenvolvimento e aplicação no plano de manejo florestal. *Geociências* 35:512–530.
- Molin PG, Gergel SE, Soares-Filho BS, et al (2017) Spatial determinants of Atlantic Forest loss and recovery in Brazil. *Landsc Ecol* 32(4):857-870. doi: 10.1007/s10980-017-0490-2
- Moraes MCP, Mello K, Toppa RH (2017) Protected areas and agricultural expansion: Biodiversity conservation versus economic growth in the Southeast of Brazil. *J Environ Manage* 188:73–84. doi: 10.1016/j.jenvman.2016.11.075
- Muylaert RL, Stevens ED, Ribeiro MC (2016) Threshold effect of habitat loss on bat richness in cerrado-forest landscapes. *Ecological Applications* 26(6):1854-1867.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, et al (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853–858.
- Nagy-Reis MB, Nichols JD, Chiarello AG, et al. (2017) Landscape use and co-occurrence patterns of neotropical spotted cats. *Plos One* 12(1): e0168441. doi: 10.1371/journal.pone.0168441
- Nanni AS (2015) Dissimilar responses of the Grey brocket deer (*Mazama gouazoubira*), Crab-eating fox (*Cerdocyon thous*) and Pampas fox (*Lycalopex gymnocercus*) to livestock frequency in subtropical forests of NW Argentina. *Mammalian Biology* 80:260-264. doi: 10.1016/j.mambio.2015.04.003
- Neri FM. Ecologia e conservação de catetos, *Tayassu tajacu*, (Linnaeus, 1758) (ARTIODACTYLA, Tayassuidae) em áreas de Cerrado do estado de São Paulo. PhD Dissertation, Federal University of São Carlos, 2004.
- Ochoa-Quintero JM, Gardner TA, Rosa I, et al (2015) Thresholds of species loss in Amazonian deforestation frontier landscapes. *Conserv Biol* 29:440–451. doi: 10.1111/cobi.12446
- Paolino RM, Royle JA, Versiani NF, et al. (2018) Importance of riparian forest corridors for the ocelot in agricultural landscapes. *J Mammal* 1–11. doi: 10.1093/jmammal/gyy075
- Paolino RM, Versiani NF, Pasqualotto N, et al (2016) Buffer zone use by mammals in a Cerrado protected area. *Biota Neotrop* 16:1–13. doi: 10.1590/1676-0611-BN-2014-0117
- Pardini R, de Bueno AA, Gardner TA, et al (2010) Beyond the fragmentation threshold hypothesis: Regime shifts in biodiversity across fragmented landscapes. *PLoS One* 5(10). doi: 10.1371/journal.pone.0013666
- Pardo LE, Roque F de O, Campbell MJ, et al (2018) Identifying critical limits in oil palm cover for the conservation of terrestrial mammals in Colombia. *Biol Conserv* 227:65–73. doi: 10.1016/j.biocon.2018.08.026
- Piha H, Luoto M, Merilä J (2007) Amphibian occurrence is influenced by current and historic landscape characteristics. *Ecological Applications* 17(8):2298-2309.
- Pinheiro L, Kolb R, Rossatto D (2016) Changes in irradiance and soil properties explain why typical non-arboreal savanna species disappear under tree encroachment. *Australian journal of Botany* 64:333–341. doi: 10.1071/BT15283

- Pflüger FJ, Signer J, Balkenhol N (2018) Habitat loss causes non-linear genetic erosion in specialist species. *Global Ecology and Conservation* 17:e00507. doi: 10.1016/j.gecco.2018.e00507
- Pinto FAS, Bager A, Cleverger AP, et al. (2018) Giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*) conservation in Brazil: Analysing the relative effects of fragmentation and mortality due to roads. *Biological Conservation* 228:148-157. doi: 10.1016/j.biocon.2018.10.023
- Pônzio MC. Ocorrência de onça-parda (*Puma concolor*) e lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) em paisagens agrosilviculturais e em remanescentes de Cerrado do Nordeste paulista. Master thesis, University of São Paulo, 2017.
- Pütz S, Groeneveld J, Alves LF, et al (2011) Fragmentation drives tropical forest fragments to early successional states : A modelling study for Brazilian Atlantic forests. *Ecological Modelling* 222:1986–1997. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2011.03.038
- Rappaport DI, Tambosi LR, Metzger JP (2015) A landscape triage approach: Combining spatial and temporal dynamics to prioritize restoration and conservation. *J Appl Ecol* 52:590–601. doi: 10.1111/1365-2664.12405
- Ribeiro JF, Walter BM (2008). As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano SM, Almeida SP and Ribeiro JF (edit.) *Cerrado: ecologia e flora*, 408p, Brasília:Embrapa, 2008.
- Ribeiro MC, Metzger JP, Martensen AC, et al (2009) The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biol Conserv* 142:1141–1153. doi: 10.1016/j.biocon.2009.02.021
- Rocha-Santos L, Pessoa MS, Cassano CR, et al (2016) The shrinkage of a forest: Landscape-scale deforestation leading to overall changes in local forest structure. *Biol Conserv* 196:1–9. doi: 10.1016/j.biocon.2016.01.028
- Rodrigues TF, Kays R, Parsons A, et al. (2017) Managed forest as habitat for gray brocket deer (*Mazama gouazoubira*) in agricultural landscapes of southeastern Brazil. *J Mammal* 98:1301–1309. doi: 10.1093/jmammal/gyx099
- Roque FDO, Menezes JFS, Northfield T, et al (2018) Warning signals of biodiversity collapse across gradients of tropical forest loss. *Sci Rep* 8:1–7. doi: 10.1038/s41598-018-19985-9
- Sales LP, Hayward MW, Zambaldi L, et al. (2015) Time-lags in primate occupancy: A study case using dynamic models. *Nat e Conserv* 13:139–144. doi: 10.1016/j.ncon.2015.10.003
- Semlitsch RD, Walls SC, Barichivich WJ, O'Donnell KM (2017) Extinction Debt as a Driver of Amphibian Declines: An Example with Imperiled Flatwoods Salamanders. *J Herpetol* 51:12–18. doi: 10.1670/16-090
- Semper-Pascual A, Macchi L, Sabatini FM, et al (2018) Mapping extinction debt highlights conservation opportunities for birds and mammals in the South American Chaco. *J Appl Ecol* 55:1218–1229. doi: 10.1111/1365-2664.13074
- Shida CN. Caracterização física do Cerrado Pé-de-gigante e uso das terras na região, 2.Evolução do Uso das Terras na Região. In: Pivello VR & Varanda EM (Orgs). O

Cerrado Pé de Gigante, Parque Estadual do Vassununga, 312p, São Paulo: Secretaria de Meio Ambiente, 2005.

Silva L, Sternberg L, Haridasans M, Hoffmann WA (2008) Expansion of gallery forests into central Brazilian savannas. *Global Change Biology* 14:2108–2118. doi: 10.1111/j.1365-2486.2008.01637.x

Silva RFB, Batistella M, Moran EF (2016) Drivers of land change: Human-environment interactions and the Atlantic forest transition in the Paraíba Valley, Brazil. *Land Use Policy* 58:133-144. doi:10.1016/j.landusepol.2016.07.021

Silva RFB, Batistella M, Moran EF, Lu D (2017) Land changes fostering Atlantic forest transition in Brazil: evidence from the Paraíba Valley. *The Professional Geographer* 69(1):80-93. doi: 10.1080/00330124.2016.1178151

SMA (2017) Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo. Programa Etanol mais Verde. Available at <http://arquivo.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/2011/10/88rotocol-etanol-mais-verde-2017-assinado.pdf>, website accessed in Januray 28th.

SMA (2018) Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo. Available at <http://fflorestal.sp.gov.br/jatai/home>, website accessed in Januray 28th.

Smith O, Wang J, Carbone C (2018) Evaluating the effect of forest loss and agricultural expansion on Sumatran tigers from scat surveys. *Biol Conserv* 221:270–278. doi: 10.1016/j.biocon.2018.03.014

Soto-Shoender JR, Mccleery RA, Monadjem A, Gwinn DC (2018) The importance of grass cover for mammalian diversity and habitat associations in a bush encroached savanna. *Biol Conserv* 221:127–136. doi: 10.1016/j.biocon.2018.02.028

Stanton-Jr RA, Boone-IV WW, Soto-Shoender J, et al. (2018) Shrub encroachment and vertebrate diversity: A global meta-analysis. *Global Ecology and Biogeography* 27:368-379. doi: 10.1111/geb.12675.

Stauffer D. *Introduction to Percolation Theory*. Taylor & Francis Press, London, 1985.

Suguituru SS, Silva RR, Sousa DR, Munhae CB, et al (2011) Ant community richness and composition across a gradient from *Eucaliptus* plantations to secondary Atlantic Forest. *Biota Neotropica* 11(1):369-376.

Swift TL, Hannon SJ (2010) Critical thresholds associated with habitat loss: a review of the concepts, evidence and applications. *Biological Reviews* 85:35–53. doi: 10.1111/j.1469-185X.2009.00093.x

Targa MS, Batista GT, Almeida AA, et al (2017) Evaluation of soil water storage in native forest and eucalyptus areas. *Ambiente & Agua – An Interdisciplinary Journal of Applied Science* 12:873-984. doi: 10.4136/1980-993X

Tchabovsky AV, Savinetskaya LE, Surkova EN, et al. (2016) Delayed threshold response of a rodent population to human-induced landscape change. *Oecologia* 182:1075–1082. doi: 10.1007/s00442-016-3736-9

Teixeira MAG, Soares-filho BS, Freitas SR, et al (2009) Forest Ecology and Management Modeling landscape dynamics in an Atlantic Rainforest region: Implications for conservation. *Forest Ecology and Management* 257:1219–1230. doi: 10.1016/j.foreco.2008.10.011

- Tilman D, May RM, Lehman CL, et al. (1994) Habitat destruction and the extinction debt. *Nature* 371:65-66.
- Timo TPC, Lyra-Jorge MC, Gheler-Costa C, Verdade LM (2014) Effect of the plantation age on the use of eucalyptus stands by medium to large-sized wild mammals in south-eastern Brazil. *IForest – Biogeosciences and Forestry* 8:108–113. doi: 10.3832/ifor1237-008
- Toppa RH. Estrutura e diversidade florística das diferentes fisionomias de Cerrado e suas correlações com o solo na Estação Ecológica do Jataí, Luiz Antônio, SP. PhD dissertation, São Carlos Federal University, São Carlos, 149p., 2004.
- Tucker MA, Böhnig-gaese K, Fagan WF, et al. (2018) Moving into the Anthropocene: Global reductions in terrestrial mammalian movements. *Science* 469(6374):466–469. doi: 10.1126/science.aam9712
- Turner MG (1989) Landscape ecology: The effect of pattern and process. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 20: 171-197.
- Uezu A, Metzger JP (2016) Time-lag in responses of birds to Atlantic forest fragmentation: Restoration opportunity and urgency. *PloS One* 11:1–16. doi: 10.1371/journal.pone.0147909
- Valduga MO, Zenni RD, Vitule JRS (2016) Ecological impacts of non-native tree species plantations are broad and heterogeneous: a review of Brazilian research. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences* 88(3):1675–1688. doi: 10.1590/0001-376520150575
- Vellend M, Verheyen K, Jacquemyn H, et al (2006) Extinction debt of forest plants persist for more than a century following habitat fragmentation. *Ecology* 87(3):542-548.
- Versiani NF. The giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*) in protected areas and its surroundings in Cerrado of São Paulo state. PhD Dissertation, University of São Paulo, 2016.
- Victor MAM, Cavalli AC, Guillaumon JR, Serra-Filho R (2005) Cem anos de devastação: Revisitada 30 anos depois. Ministério do Meio Ambiente, Brasil.
- Villard M, Metzger JP (2014) Beyond the fragmentation debate: a conceptual model to predict when habitat configuration really matters. *Journal of Applied Ecology* 51:309-318.
- Vynne C, Booth RK, Wasser SK (2014) Physiological implications of landscape use by free-ranging maned wolves (*Chrysocyon brachyurus*) in Brazil. *Journal of Mammalogy* 95:696–706. doi: 10.1644/12-mamm-a-247
- Vynne C, Keim JL, Machado RB, et al. (2011) Resource selection and its implications for wide-ranging mammals of the Brazilian Cerrado. *PloS One* 6(12):e28939. doi: 10.1371/journal.pone.0028939
- White GC, Burnham KP. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* 46 Supplement: 120-138, 1999.
- Whittaker RH (1967) Gradient analysis of vegetation (review). *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society* 42(2):207-264.

Xavier M, Paviolo A, Reverberi L, Pardini R (2018) Effectiveness of Protected Areas for biodiversity conservation: Mammal occupancy patterns in the Iguazu National Park, Brazil. *J Nat Conserv* 41:51–62. doi: 10.1016/j.jnc.2017.11.001

Yamanaka S, Akasaka T, Yamaura Y, et al. (2015) Time-lagged responses of indicator taxa to temporal landscape changes in agricultural landscapes. *Ecol Indic* 48:593–598. doi: 10.1016/j.ecolind.2014.08.024

Zimbres B, Furtado MM, Jácomo ATA, et al. (2013) The impact of habitat fragmentation on the ecology of xenarthrans (Mammalia) in the Brazilian Cerrado. *Landsc Ecol* 28:259–269. doi: 10.1007/s10980-012-9832-2