

RESSALVA

Atendendo solicitação da
autora, o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 20/04/2020.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E BIODIVERSIDADE

**ANIMAL MOVEMENT, SOCIAL INTERACTIONS AND
MUTUALISM IN BRAZILIAN ECOSYSTEMS**

MILENE AMÂNCIO ALVES EIGENHEER

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ecologia e Biodiversidade.

Mai - 2018

MILENE AMÂNCIO ALVES EIGENHEER

**ANIMAL MOVEMENT, SOCIAL INTERACTIONS AND
MUTUALISM IN BRAZILIAN ECOSYSTEMS**

Tese apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus Rio Claro, como requisito para obtenção do grau de Doutora em Ecologia e Biodiversidade.

Orientador: Prof. Dr. Milton Cezar Ribeiro

Co-orientador: Prof. Dr. Mauro Galetti Rodrigues

Rio Claro-SP

2018

591.5
E34a Eigenheer, Milene Amâncio Alves
Animal movement, social interactions and mutualism in
Brazilian ecosystems / Milene Amâncio Alves Eigenheer. -
Rio Claro, 2018
97 f. : il., figs., gráfs., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Milton Cezar Ribeiro
Coorientador: Mauro Galetti Rodrigues

1. Ecologia animal. 2. Movimentação animal. 3.
Movement ecology. 4. Social behavior. 5. Seed dispersal. 6.
Landscape ecology. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Animal movement, social interactions and mutualism on Brazilian ecosystems

AUTORA: MILENE AMÂNCIO ALVES EIGENHEER

ORIENTADOR: MILTON CEZAR RIBEIRO

COORIENTADOR: MAURO GALETTI RODRIGUES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em ECOLOGIA E BIODIVERSIDADE, área: BIODIVERSIDADE pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. MILTON CEZAR RIBEIRO
Departamento de Ecologia / UNESP - Instituto de Biociências de Rio Claro - SP


Prof. Dr. MARCO AURELIO PIZO FERREIRA
Departamento de Zoologia / UNESP - Instituto de Biociências de Rio Claro - SP


Prof. Dr. KARL STEPHAN MOKROSS
Pós-doutorando do Departamento de Ecologia / Instituto de Biociências de Rio Claro - SP


Prof. Dr. RONALDO GONÇALVES MORATO
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) / Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Mamíferos Carnívoros (CENAP) - ICMBio - Atibaia/SP


Prof. Dr. FELIPE MARTELLO RIBEIRO
Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais / Universidade Federal de São Carlos - SP

Rio Claro, 20 de abril de 2018

Para meu melhor amigo e parceiro de vida, André.

Para meus pais, Pedro e Eunice.

Agradecimentos

Primeiramente agradeço as agências financiadoras relacionadas a esse trabalho. À CAPES pela Bolsa Regular de Doutorado e ao programa CAPES/PDSE pelo financiamento do meu Doutorado Sanduíche junto à Wageningen University (Holanda). Ao SCCS Miriam Rothschild Travel Bursary Programme pelo financiamento no meu período junto a Swansea University (País de Gales) e ao DAAD (Deutscher Akademischer Austauschdienst) pela bolsa e auxílio durante a minha visita ao Max Planck Institute for Ornithology. Também agradeço à FAPESP (Processo 2013/50421-2) que contribuiu para o desenvolvimento desse trabalho em diversos momentos.

Uma tese não é um doutorado. O que nós vivemos e nos tornamos nesse período nos faz doutores. E eu sou muito grata por tudo o que vivi e fiz. E muitas pessoas fazem parte disso. Nem todas serão citadas aqui, mas sou grata a cada um que encontrei no meu caminho. Obrigada!

Agradeço ao meu orientador, Dr. Milton Cezar Ribeiro, que foi muito mais que um orientador. Foi um amigo e um ponto forte nos momentos de dificuldade. Miltoninho (e Keila e crianças), me espelho muito em vocês e no modo como vocês desenvolvem suas vidas e o lab. Muito obrigada, não só pela orientação, mas pela amizade e apoio nos momentos mais difíceis. Ao meu co-orientador, Dr. Mauro Galetti Rodrigues, que me ajudou no desenvolvimento das ideias de praticamente toda a minha tese e me deu ótimas oportunidades de trabalho. Sou muito grata.

Aos meus colaboradores – Ao Dr. Rogério Cunha de Paula, por compartilhar seus dados e todo o seu conhecimento por esses animais maravilhosos que são os lobos guarás. Sou muito grata por essa parceria. À Carly Vinne, Mariana Madeira e Leandro Silveira por compartilhar seus dados incríveis sobre dispersão de sementes e pela confiança no meu trabalho.

To my co-supervisors abroad – To Dr. Frank van Langevelde (Wageningen University) for all the support, patience and good energy. I learned so much about good science with you and everyone in Research Ecology Group. To Dr. Luca Börger (Swansea University) for the help with statistical analysis and support to my period in Swansea. To Dr. Kamran Safi for receive me in an amazing lab with a great team, besides for all the advices. I'm grateful to you all. Thank you.

Aos professores, funcionários e amigos do Departamento de Ecologia, em especial a Cristina Antunes, sempre tão prestativa e fofa! Ao pessoal da biblioteca e da sessão de pós, em especial à Ivana, uma pessoa incrível que sempre faz tudo para deixar nossas vidas mais fáceis! Obrigada pessoal, vocês são incríveis!

À equipe do Laboratório de Ecologia Espacial e Conservação (LEEC) e Movement Ecology Group. Que orgulho fazer parte desse time! Aprendi coisas com cada um de vocês e agradeço muito a presença de vocês na minha vida. Um agradecimento mais que especial aos alunos que eu orientei: Mitra Katherina Ferreira, Camila de Fátima Priante

Bernardo, Stephanie Marucci de Souza e Yuri Benko Brenninkmeijer. Vocês me ajudaram a descobrir o meu maior prazer e são parte da cientista que eu me tornei. Muito obrigada!

Aos amigos! Vocês são pessoas tão maravilhosas e que me enriquecem tanto! À Mariana Diniz, minha irmã de alma, que mesmo à distância sempre teve ótimos conselhos e palavras de amor. À Nara Vogado, que sempre se manteve presente, ajudou a cuidar da minha Pê quando eu não pude e sempre emana energia positiva. À Eliana Gressler, que mantém seu lugarzinho no meu coração (e no dos gatos) não importa onde estejamos. À Joana Bezerra, um dos maiores presentes que a Holanda me trouxe e que vou levar pra toda a vida. À Bianca Nadai, que além de ser família, meu bebezinho e uma princesa, também é uma das minhas melhores amigas e pontos de apoio.

Ao meu clube da Luluzinha leeciano, minhas role models, pepitas e musas - Renata Muylaert, Camila Bernardo, Paula Carolina Montagnana, Natalia Stefanini, Julia Assis, Patrícia Kerches Rogeri, Julia Oshima, Claudia Kanda, Vanessa Bejarano, Rafaela Silva (também conhecida como minha irmã gêmea) e Danielle Ribeiro. Não tenho palavras para explicar o quanto vocês são fundamentais na minha vida. Amo muito vocês! Obrigada por todas as aventuras, nacionais e internacionais.

To all my Brazilian and International friends, so many important and amazing people on my journey. A big thank you/obrigada to Tom Arkwright (my maned wolf brother XD); Vanille Kaarakainen (the sweetest person ever); Mariana Artur (minha drama queen favorita); Paulo Ribeiro, Anna Patrícia Florentino e Nilma Oliveira (que saudades das nossas jantinhas! vocês são incríveis); Shenglai Yin and Jente Ottenburghs (banana time! Best persons to share a work room XD); Jamir do Prado Junior (saudades dos cafés!); Eliezer Ramos (de Swansea pra vida!); Teja Curk and Helder Santos (#mykulelefriends XD); Martina Scacco (amazing dance partner) and Stefano (great problem listener, hahaha); Danai Papageorgiou (and also Dimitri and Aida, best Greek family); Erik and Jonne Kleyheeg (Dutch friends, wow!); Yachang Cheng (best noodle cook ever!); Lukas Gautshi (just thank you, you know!); Berger Medeiros (obrigada por todo o chocolate e por achar meu livro favorito!!!); Bernardo Niehbur (+ Dani e Gal, família maravilhosa!); and Joost Stevens (Dank je wel, altijd). I'm lucky to have so many amazing people in my life.

To the best housemates that I would dream! Naira C. de Moura and Giovani Arieira (Wageningen); Emma-Louise Cole, Carly Green and Joe Baxter (Swansea); Reyes Sallas, Alberto Pastorino and Ettore Camerlenghi (Moggingen); Mitra Ferreira, Patrícia Rogeri, Beatriz Telles e André Eigenheer (Rio Claro) – Thank you all for make me feel at home, doesn't matter where ♥.

Muitos amigos me apoiaram na fase final, mas algumas pessoas foram fundamentais quando eu estava muito muito muuuuito cansada e com tantas preocupações na cabeça: André Eigenheer, Tom Arkwright, Julia Assis, Karl Mokross e Rafaela Silva. Obrigada. Quem tem amigos tem tudo mesmo =)

À minha família: Eunice e Pedro, melhores pais que eu poderia pedir; Luciano e Junior, irmãos e parceiros de jornada; Kedmann e Fabiana, cunhadas queridas. Um agradecimento mais que gigante pros meus sobrinhos, que me ajudaram a me manter uma “criança adulta” (frase da Mari): Mateus, Isabelli, Mariana e Nicolli. Para o outro lado da família, minha sogra Ana Maria e minha cunhada e cunhado Ariana e Rodrigo, vocês são maravilhosos. Obrigada família. Amo vocês.

O maior agradecimento é pro meu parceiro, melhor amigo e exemplo de pessoa boa: André Eigenheer, você é parte essencial disso tudo. Se não fosse você eu teria desencanado lá atrás. Obrigada por segurar as pontas nos momentos difíceis, por me consolar nos dias difíceis, por encontrar novas receitas, por cuidar de mim e dos nossos filhos de quatro patas, por discutir ecologia e por ser amigo dos meus amigos. Obrigada por me consolar no choro, por segurar a minha mão nos momentos bons e difíceis, por topar experiências diferentes e por ser um Capitão América. Você é a minha pessoa favorita no mundo. Essa tese também é sua! Te amo, sempre.

Obrigada a todos. Sou muito sortuda mesmo.



Index

| | |
|--|-----------|
| General Introduction..... | 10 |
| Chapter 1 - Challenges and perspectives of movement ecology research in Brazil | 16 |
| Abstract | 17 |
| Introduction | 18 |
| References | 35 |
| Supplementary Material | 38 |
| Chapter 2 - Coordinated movements of maned wolves (<i>Chrysocyon brachyurus</i>) in protected and fragmented landscapes | 45 |
| Abstract | 46 |
| Introduction | 47 |
| Methods | 49 |
| Results | 53 |
| Discussion | 59 |
| References | 63 |
| Supplementary Material | 66 |
| Chapter 3 - Effects of frugivores canids on the seed dispersal and spatial distribution of <i>Solanum lycocarpum</i> in a Brazilian savanna ... | 78 |
| Abstract | 79 |
| Introduction | 80 |
| Methods | 83 |
| Results | 87 |
| Discussion | 90 |
| References | 93 |
| Final considerations | 96 |

Resumo

O movimento de organismos é uma das características mais importantes da vida na Terra e um componente crucial para quase todos os processos ecológicos e evolutivos, ligando a ecologia de organismos, populações, comunidades e ecossistemas. Exemplos de processos dependentes de movimento incluem dispersão e migração, o que pode ter impactos em dispersão de sementes, regeneração de plantas e fluxo gênico. Movimentos são determinados por interações entre o estado interno dos indivíduos e o ambiente externo, dependendo de habilidades sensoriais dos animais. Nosso objetivo neste estudo foi desenvolver uma melhor compreensão da ecologia do movimento e suas consequências no comportamento animal e dispersão de sementes. Nós desenvolvemos três capítulos: uma revisão sobre desafios e perspectivas em ecologia do movimento no Brasil; um estudo sobre estruturas sociais de lobos guará (*Chrysocyon brachyurus*) em um mosaico de áreas protegidas e fragmentadas; e um outro estudo onde testamos o papel de dois canídeos frugívoros (lobo guará e cachorro do mato - *Cerdocyon thous*) na dispersão de sementes e distribuição espacial de *Solanum lycocarpum*. Nesta tese nós mostramos a importância da ecologia do movimento, assim como suas consequências no comportamento social de animais e na dispersão de sementes. Utilizando dados espaciais nós descobrimos mais sobre a ecologia de importantes espécies presentes na América do Sul, assim como suas interações animal-animal e animal-planta.

Abstract

The movement of organisms is one of the most important characteristics of life on Earth and is a crucial component of almost all ecological and evolutionary processes, linking the ecology of organisms, populations, communities and ecosystems. Examples of movement-dependent processes include dispersion and migration, which can have impacts on seed dispersal, plant regeneration and gene flow. Movements are determined by feedback interactions between the internal state of individuals and the external environment, conditional on the animal's movement and sensory abilities. In this study we aim at developing a better comprehension on movement ecology and its consequences on animal behavior and seed dispersal. We developed three chapters: a review about challenges and perspectives of movement ecology in Brazil; a study on social structure of maned wolves (*Chrysocyon brachyurus*) living in a mosaic of protected and fragmented areas; and another study where we tested the role of two canid frugivores (maned wolves and crab-eating foxes – *Cerdocyon thous*) on the seed dispersal and spatial distribution of *Solanum lycocarpum*. In this thesis we showed the importance of movement ecology, as well as its consequences on social behavior and seed dispersal. Using spatial data we could discover more about the ecology of important species present in South America, as well as their interactions animal-animal and animal-plant.

General Introduction

The movement of organisms is one of the most important characteristics of life on Earth and is a crucial component of almost all ecological and evolutionary processes, linking the ecology of organisms, populations, communities and ecosystems (Nathan *et al.*, 2008; Jeltsch *et al.* 2013). Research on movement ecology has progressed in recent decades, driven by advances in analytical techniques and technologies that acquire and quantify movement (Holyoak *et al.* 2008; Nathan *et al.* 2008; Kays *et al.* 2015).

Examples of movement processes include dispersion and migration, which can have impacts on seed dispersal, plant regeneration and gene flow (Nathan *et al.*, 2008; Kays *et al.*, 2015). These movement processes act over a great variety of spatial-temporal scales (Hundertmark, 1998; Nathan *et al.*, 2008; Niebuhr *et al.*, 2015; da Silveira, 2016; Molin *et al.*, 2017).

Movements are determined by feedback interactions between the internal state of individuals and the external environment, conditional on the individual's movement and sensory abilities (Nathan *et al.* 2008). A key component of the external environment is other individuals (conspecifics and non), affecting, for example, competition for food, mate search, predator-prey interactions, hence comprehending it is an important step to understand social and mating systems (Emlen & Oring, 1977; Clutton-Brock, 1989) and for the conservation of species and areas (Delgado *et al.* 2014, Kays *et al.*, 2015; Spiegel *et al.*, 2016).

The presence of conspecifics – other individuals of the same species - can thus influence individual movement patterns, and the attraction or avoidance by individuals depends on the benefits and costs of this association (Bode *et al.*, 2012; Delgado *et al.* 2014). Solitary animals usually prefer avoiding interactions with conspecifics and show limited sociality (Logan & Sweanor, 2001; Dammhahn & Kappeler, 2009). However, solitary species may interact with conspecifics in some moments of their life cycle, like to rear cubs, mate, or defend a territory (Sandell, 1989; Elbroch *et al.* 2015, 2017).

Another important aspect related to the interaction between the movement of animals and the external environment are the ecological processes, as pollination and seed dispersal (Kremen *et al.* 2007; Mitchell *et al.* 2015). Several facets played by frugivores have been highlighted to favor plant fitness. Removing seeds from the high mortality zone near the maternal plant, increasing germination rate, moving the seeds to favorable sites, and promoting gene flow via seed dispersal are some of the few direct

examples of how frugivores increase the chances of plant's survival (Herrera, 1985; Jordano *et al.*, 2007). This is particularly important in tropical regions, where most of the plant species are dispersed by animals (Almeida-Neto *et al.*, 2008).

Frugivore canids often consume large amounts of fruit and may be responsible for the seed shadow of many animal-dispersed plant species, however their role as seed-dispersers remains relatively unexplored. These species generate seed rain patterns that capture their foraging and post-feeding movements, therefore, sites chosen for patrolling or territorial marking receives a disproportionate number of seeds (Jordano *et al.*, 2007; González-Varo *et al.*, 2013). Canids are important seed dispersers for fruits of the Cerrado vegetation—a Brazilian like savanna— as they do not possess physiological adaptations for digesting cellulose. As seeds pass through the canids gut largely intact – they exhibit limited mastication during consumption—seed damage rates are low (Juarez & Marinho-Filho, 2002).

The maned wolf is a South American canid, with a broad diet which comprises fruits, small rodents, insects etc (Dietz, 1984; Santos *et al.*, 2003). The species is considered a vulnerable species at risk of extinction due to a drastic reduction and fragmentation of its original habitat (IBAMA 2003). The maned wolf is closely associated with *Solanum lycocarpum*, a conspicuous plant in the Cerrado, where it occurs in natural areas, pastures, and in natural remnants scattered within agricultural landscapes. Fruits of *S. lycocarpum* are an important food source and are reported to make up between 3.4% and 53.5% of total occurrence in maned wolf scat samples (Bueno & Motta-Junior, 2004, 2009; Juarez & Marinho-Filho, 2002; Motta-Junior & Martins, 2002; Santos *et al.*, 2003; Silva & Talomoni, 2003). Besides maned wolves, the crab-eating fox (*Cerdocyon thous*), the hoary fox (*Lycalopex vetulus*) and the tapir (*Tapirus terrestris*) disperse *Solanum* seeds (Dalponte & Lima, 1999; Juarez & Marinho-Filho, 2002; Bueno & Motta-Junior, 2004; Jácomo *et al.* 2004).

The social system of the maned wolf is based on monogamous breeding pairs, but little is known about their social behavior or landscape use. Dietz (1984) and Jácomo *et al.* (2009) contend that maned wolves are solitary animals that interact occasionally, especially during the mating season. However, these studies were conducted using VHF radiotelemetry technology, which obtain sparse and less accurate data when compared with modern global positioning systems (GPS). In addition, many of VHF data are collected during the day, which limits some analysis of movement behavior ecology. In fact, Bandeira de Melo *et al.* (2007) studied the social behavior of

three maned wolves – a couple and a juvenile female – using GPS for six months and found a strong interaction between the couples and high tolerance of both adults with the juvenile.

Paula (2016) showed in his study that maned wolves living in the Serra da Canastra National Park comprised couples sharing the same territories. However, the overlap between the home range of individuals cannot be considered a complete measure of interactions between individuals, as overlap does not provide any information about the intensity of interactions (Atwood & Weeks, 2003) and the presence of dynamic interactions between individuals. For more complete information, it is necessary to obtain data on the spatio-temporal location of both individuals of a potentially interacting pair ('dyad') of individuals (Mace & Waller, 1997).

The general aim of this thesis searches a better comprehension of movement ecology and its consequences on behavior and seed dispersal. The thesis is divided into three chapters:

1 - Challenges and perspectives of movement ecology research in Brazil – a systematic review where we describe the recent scientific research on movement ecology in Brazil, as well as its main topics, challenges and perspectives.

2 - Coordinated movements of maned wolves (*Chrysocyon brachyurus*) in protected and fragmented landscapes – a study that focus on the social structure of maned wolves (*Chrysocyon brachyurus*) living inside a national park and its surrounding fragmented area, in Brazil.

3 - Effects of frugivores canids on the seed dispersal and spatial distribution of *Solanum lycocarpum* in a Brazilian savanna – a study where we test the role of two canid frugivore species – maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*) and crab-eating fox (*Cerdocyon thous*) – on the seed dispersal and spatial distribution of *Solanum lycocarpum*. We also assess the importance of this fruit to the canid species in habitats where less plant resource is available.

References

- Almeida-Neto, M.; Campassi, F. ; Galetti, M. ; Jordano, P.; Oliveira-Filho, A. 2008. Vertebrate dispersal syndromes along the Atlantic forest: broad-scale patterns and macroecological correlates. *Global Ecology & Biogeography* 17:503-513.
- Atwood, T. C.; Weeks, Jr, H. P. 2003. Spatial home-range overlap and temporal interaction in eastern coyotes: the influence of pair types and fragmentation. *Canadian Journal of Zoology*, 81(9), 1589-1597.
- Bandeira de Melo, L. F.; Sábato, L.; Vaz Magni, E. M.; Young, R. J.; Coelho, C. M. 2007. Secret lives of maned wolves (*Chrysocyon brachyurus* Illiger 1815): as revealed by GPS tracking collars. *Journal of Zoology*, 271(1), 27-36.
- Bode, N.W.F.; Franks, D.W.; Wood, A.J.; Piercy, J.J.B.; Croft, D.P.; Codling E.A. 2012. Distinguishing Social from Nonsocial Navigation in Moving Animal Groups. *American Naturalist*, 179:621–632.
- BRASIL. 2003. Instrução Normativa Nº 3, de 26 de maio de 2003. Reconhece como espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da lista anexa à presente Instrução Normativa, considerando apenas anfíbios, aves, invertebrados terrestres, mamíferos e répteis. 2003. *Diário Oficial da União*, 26 mai.
- Bueno, A. D. A., Motta-Junior, J. C. 2009. Feeding habits of the maned wolf, *Chrysocyon brachyurus* (Carnivora: Canidae), in southeast Brazil. *Studies on Neotropical fauna and environment*, 44(2), 67-75.
- Bueno, A. D. A.; Motta-Junior, J. C. 2004. Food habits of two syntopic canids, the maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*) and the crab-eating fox (*Cerdocyon thous*), in southeastern Brazil. *Revista Chilena De Historia Natural* 77:5-14.
- Clutton-Brock, T. H. 1989. Review lecture: mammalian mating systems. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 236(1285), 339-372.
- da Silveira; N. S.; Niebuhr, B. B. S.; Muylaert, R. L.; Ribeiro, M. C.; Pizo, M. A. 2016. Effects of land cover on the movement of frugivorous birds in a heterogeneous landscape. *PloS one*, 11(6), e0156688.
- Dalponde, J. C.; Lima, E. D. S. 1999. Disponibilidade de frutos e a dieta de *Lycalopex vetulus* (Carnivora-Canidae) em um cerrado de Mato Grosso, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 22(2), 325-332.
- Dammhahn, M.; Kappeler, P. M. 2009. Females go where the food is: does the socio-ecological model explain variation in social organisation of solitary foragers? *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 63(6), 939.
- Delgado, M. D. M.; Penteriani, V.; Morales, J. M.; Gurarie, E.; Ovaskainen, O. 2014. A statistical framework for inferring the influence of conspecifics on movement behaviour. *Methods in Ecology and Evolution*, 5(2), 183-189.
- Dietz, J. M. 1984. *Ecology and social organization of the maned wolf (Chrysocyon brachyurus)*.
- Elbroch, L. M.; Lendrum, P. E.; Quigley, H.; Caragiulo, A. 2016. Spatial overlap in a solitary carnivore: support for the land tenure, kinship or resource dispersion hypotheses? *Journal of Animal Ecology*, 85(2), 487-496.
- Elbroch, L. M.; Levy, M.; Lubell, M.; Quigley, H.; Caragiulo, A. 2017. Adaptive social strategies in a solitary carnivore. *Science advances*, 3(10), e1701218.
- Emlen, S. T.; Oring, L. W. 1977. Ecology, sexual selection, and the evolution of mating systems. *Science*, 197(4300), 215-223.
- González-Varo, J. P.; López-Bao, J. V.; Guitián, J. 2013. Functional diversity among seed dispersal kernels generated by carnivorous mammals. *Journal of Animal Ecology*, 82(3), 562-571.

- Herrera, C. M. 1985. Determinants of plant-animal coevolution: the case of mutualistic dispersal of seeds by vertebrates. *Oikos*, 132-141.
- Holyoak M., Casagrandi R., Nathan R., Revilla E., Spiegel O., 2008. Trends and missing parts in the study of movement ecology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, 19060–19065, <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0800483105>.
- Hundertmark, K. J. 1998. Home range, dispersal and migration. *Ecology and management of the North American moose*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC, USA, 303-335.
- Jácomo, A. T. A.; Kashivakura, C. K.; Ferro, C.; Furtado, M. M.; Astete, S. P.; Tôrres, N. M.; Silveira, L. 2009. Home range and spatial organization of maned wolves in the Brazilian grasslands. *Journal of Mammalogy*, 90(1), 150-157.
- Jácomo, A. T. A., Silveira, L.; Alexandre, J.; Diniz-Filho, F. 2004. Niche Separation between the Maned-Wolf (*Chrysocyon brachyurus*), Crab-Eating Fox (*Dusicyon thous*) and the Hoary-Fox (*Dusicyon vetulus*) in the Cerrado of Central Brazil. *Journal of Zoology - London* 262:99-106.
- Jeltsch, F.; Bonte, D.; Pe'er, G.; *et al.* 2013. Integrating movement ecology with biodiversity research-exploring new avenues to address spatiotemporal biodiversity dynamics. *Movement Ecology*, 1(1), 6.
- Jordano, P.; Garcia, C.; Godoy, J. A.; García-Castaño, J. L. 2007. Differential contribution of frugivores to complex seed dispersal patterns. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(9), 3278-3282.
- Juarez, K. M.; Marinho, J. 2002. Diet, habitat use, and home ranges of sympatric canids in central Brazil. *Journal of Mammalogy* 83:925-933.
- Kays R., Crofoot M., Jetz W., Wikelski M., 2015. Terrestrial animal tracking as an eye on life and planet. *Science*, 348, aaa2748, <http://dx.doi.org/10.1126/science.aaa2748>.
- Kremen C., Williams N.M., Aizen M.A., Gemmill-Herren B., LeBuhn G., Minckley R., Packer L., Potts S.G., Roulston T., Steffan-Dewenter I., Vázquez D.P., Winfree R., Adams L., Crone E.E., Greenleaf S.S., Keitt T.H., Klein A.M., Regetz J., Ricketts T.H., 2007. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land use change. *Ecology Letters*, 10, 219–314, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01018.x>.
- Logan, K. A., Swenor, L. L. 2001. *Desert Puma: Evolutionary Ecology and Conservation of an Enduring Carnivore*. Island Press.
- Mace, R.D.; Waller, J.S. 1997. Spatial and temporal interaction of male and female grizzly bears in northwestern Montana. *J. Wildl. Manag.* 61: 39–52.
- Mitchell M.G.E. Suarez-Castro A.F., Martinez-Harms M., Maron M., McAlpine C., Gaston K.J., Johansen K., Rhodes J.R., 2015. Reframing landscape fragmentation's effects on ecosystem services. *Trends in Ecology and Evolution*, 30, 190–198, <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.01.011>.
- Molin, P. G.; Gergel, S. E.; Soares-Filho, B. S.; Ferraz, S. F. 2017. Spatial determinants of Atlantic Forest loss and recovery in Brazil. *Landscape Ecology*, 32(4), 857-870.
- Motta-Junior, J. C.; Martins, K. 2002. The frugivorous diet of the maned wolf, *Chrysocyon brachyurus*, in Brazil: ecology and conservation. Pages 291-303 in D. J. Levey, W. R. Silva, and M. Galetti, editors. *Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation*. CAB International, Wallingford.
- Nathan R., Getz W.M., Revilla E., Holyoak M., Kadmon R., Saltz D., Smouse P.E., 2008. A movement ecology paradigm for unifying organismal movement research. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105, 19052–19059, <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0800375105>.

- Niebuhr, B. B.; Wosniack, M. E.; Santos, M. C.; Raposo, E. P.; Viswanathan, G. M.; da Luz, M. G.; Pie, M. R. 2015. Survival in patchy landscapes: the interplay between dispersal, habitat loss and fragmentation. *Scientific reports*, 5, 11898.
- Paula, R. C. D. 2016. *Adequabilidade ambiental dos biomas brasileiros à ocorrência do lobo-guará (Chrysocyon brachyurus) e efeitos da composição da paisagem em sua ecologia espacial, atividade e movimentação*. PhD Thesis, Universidade de São Paulo.
- Sandell, M. 1989. The Mating Tactics and Spacing Patterns of Solitary Carnivores. In *Carnivore Behavior, Ecology, and Evolution*, J. L. Gittleman, Ed. Cornell Univ. Press, 164–182.
- Santos, E. F.; Setz, E. Z.; Gobbi, N. 2003. Diet of the maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*) and its role in seed dispersal on a cattle ranch in Brazil. *Journal of Zoology*, 260(2), 203-208.
- Silva, J. A.; Talamoni, S. A. 2003. Diet adjustments of maned wolves, *Chrysocyon brachyurus* (Illiger)(Mammalia, Canidae), subjected to supplemental feeding in a private natural reserve, Southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 20(2), 339-345.
- Spielgel, , O.; Leu, S. T.; Sih A.; Bull, C. M. 2016. Socially interacting or indifferent neighbours? Randomization of movement paths to tease apart social preference and spatial constraints. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(8), 971-979. doi: 10.1111/2041-210X.12553.

Final considerations

This study provides information on movement ecology and their consequences on social interactions and seed dispersal. We could identify the main challenges on movement ecology in Brazil and suggest possible solutions, such as access to technology without bureaucracy, incentives to Brazilian companies that develop tracking equipment and collaborations among science fields and interdisciplinary research centers and institutes related to movement ecology. We also highlight the need to link the mechanisms, processes and causes that influence movement in nature, to shape better ecological questions and to understand the consequences of movement for conservation.

The main suggestion for the future directions in movement ecology research in Brazil is to explore organism movement data without forgetting the guiding principles, i.e. the underlying ecological questions. Now it is time to move beyond researching animal movement for its own sake and integrate patterns and specific questions with ecological processes involved in movement itself, such as predation, pollination and seed dispersal. Further exploration on how movement facilitates natural forest restoration, ecosystem services and other phenomena could advance conservation policy planning and implementation.

We also explored the consequences of movement on social behavior and interactions of maned wolves (*Chrysocyon brachyurus*), once the contact between conspecifics is one of the most important occurrences within an animal life. We found that although maned wolves are solitary, they present some interactions between couples and a high tolerance between spatially contiguous neighbors and thus providing evidence for a degree of sociality. The interactions between couples are more related to space than time, and are stronger on reproductive seasons.

The landscape use within the home range of maned wolves can influence the length of the pairwise distances, which therefore reflects the impact of human-dominated areas on behavior and movement of this important species. However, we did not find evidences that the movement of an individual maned wolf can affect the direction of movement of another individual, independent of the landscape in which they live.

We also found that maned wolves are the main responsible by the distribution of *Solanum* trees on Emas National Park. Besides being a more efficient seed disperser than crab-eating foxes, they also present preference on habitats where they can feed on

Solanum trees. Maned wolves also moved throughout the studied area, dispersing seeds in all available microhabitats, while crab-eating foxes distributed seeds mainly on the border of the park. On this thesis we showed the importance of movement ecology, as well as its consequences on social behavior and seed dispersal. Using spatial data we could discover more about the ecology of important species present on South America, as well as their interactions animal-animal and animal-plant. We recommend the development of more studies that integrates aspects and consequences of movement, especially on tropical ecosystems.