

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA DA AMAZÔNIA - INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

USO DE HABITAT DE PRIMATAS EM UMA FLORESTA DE TERRA FIRME
DA AMAZÔNIA CENTRAL

NATALIA MARGARIDO KINAP

Manaus, Amazonas

Setembro, 2019

NATALIA MARGARIDO KINAP

**USO DE HABITAT DE PRIMATAS EM UMA FLORESTA DE TERRA FIRME
DA AMAZÔNIA CENTRAL**

Orientador: Dr. Wilson Roberto Spironello

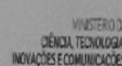
Co-orientador: Dr. Marcelo Gordo

Dissertação de mestrado apresentada à
Coordenação do Programa de Pós-
Graduação em Ecologia, como requisito
para obtenção do título de Mestre em
Biologia (Ecologia).

Manaus, Amazonas

Setembro, 2019

BANCA EXAMINADORA DA DEFESA PÚBLICA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA.

Aos 23 dias do mês de agosto do ano de 2019, às 14h00min, no Auditório da Biblioteca, Campus I, INPA/ALEIXO. Reuniu-se a Comissão Examinadora de Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: o(a) Prof(a). Dr(a). **Adrian Paul Ashton Barnett**, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, o(a) Prof(a). Dr(a). **Renato Cintra**, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, e o(a) Prof(a). Dr(a). **Flávia Delgado Santana**, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, tendo como suplentes o(a) Prof(a). Dr(a). Anthony Santana Ferreira, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, e o(a) Prof(a). Dr(a). Bruce Walker Nelson, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA sob a presidência do(a) primeiro(a), a fim de proceder a arguição pública do trabalho de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de **NATALIA MARGARIDO KINAP**, intitulado: "Influência da disponibilidade de recurso alimentar no uso do habitat e padrão de atividade diária de três espécies de primatas em uma floresta de terra firme da Amazônia brasileira", orientado(a) pelo(a) Prof(a). Wilson Roberto Spironello, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA e coorientado(a) pelo(a) Prof(a). Marcelo Gordo, da Universidade Federal do Amazonas - UFAM.

Após a exposição, o(a) discente foi arguido(a) oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final:

APROVADO(A)

REPROVADO(A)

POR UNANIMIDADE

POR MAIORIA

Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

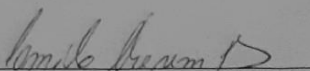
Prof(a).Dr(a). ADRIAN PAUL ASHTON BARNETT

Prof(a).Dr(a). RENATO CINTRA

Prof(a).Dr(a). FLÁVIA DELGADO SANTANA

Prof(a).Dr(a). ANTHONY SANTANA FERREIRA

Prof(a).Dr(a). BRUCE WALKER NELSON


Coordenação PPG-ECO/INPA

Ficha catalográfica

k51u Kinap, Natalia Margarido
Uso de habitat de primatas em uma floresta de terra firme da Amazônia Central / Natalia Margarido Kinap; orientador Wilson Roberto Spironello; coorientador Marcelo Gordo. -- Manaus: [s.l], 2019.
34 f.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós Graduação em Ecologia) -- Coordenação do Programa de Pós-Graduação, INPA, 2019.

1. Função de seleção de recurso. 2. Uso de habitat. 3. Cuxiú. 4. Macaco prego. 5. Sauim-de-coleira. I. Spironello, Wilson Roberto, orient. II. Gordo, Marcelo, coorient. III. Título.

CDD: 598

SINOPSE

Nesse trabalho, nós avaliamos o uso de habitat de três espécies de primatas (*Saguinus bicolor*, *Sapajus apella* e *Chiropotes sagulatus*), em uma área de terra firme da Amazônia Central, ao longo de um gradiente topográfico, durante duas estações distintas (seca e chuvosa).

Palavras-chave: Função de seleção de recurso; Uso de habitat; Cuxiú; Macaco-prego; Sauim-de-coleira.

Agradecimentos:

Agradeço ao CNPq pela bolsa de mestrado concedida, e ao Primate Action Fund - Global Wildlife Conservation (GWC), pelo financiamento que viabilizou a execução dos trabalhos de campo necessários. Ao INPA, ao Programa de Pós-graduação de Ecologia e à Reserva Ducke pela logística e infraestrutura cedida. Aos membros do Grupo de Pesquisa de Mamíferos Amazônicos (GPMA) pelo apoio e compartilhamento de experiências.

Agradeço aos meus orientadores, Dr. Wilson Spironello e Dr. Marcelo Gordo. Á Mariana Nagy-Reis, pela dedicação, sugestões e pelas críticas necessárias para meu amadurecimento científico. Sou grata também aos meus auxiliares (e amigos) de campo, Pantoja, Wellington, “Seu” Zé, Lucas e Júnior. Aos amigos da turma de mestrado (Ecologia -2017) e docentes do PPG-Eco.

Aos meus pais, Elaine e Ricardo, pelo apoio (emocional e financeiro) durante todo o período do mestrado. E aos amigos que estiveram presentes nesses intensos 2 anos e meio, obrigada pelas cervejas acompanhadas de altas doses de injeções de ânimo, cada vez mais necessárias nesses tempos sombrios, onde o crescente sucateamento da educação e da ciência brasileira, em função do (des)governo vigente, nos faz querer desanimar quase que diariamente, e temer o futuro. Sem vocês o caminho até aqui teria sido infinitamente mais difícil.

Resumo

A disponibilidade de frutos nas florestas tropicais varia temporal e espacialmente, devido a sazonalidade e a heterogeneidade ambiental, que pode ser, em partes, explicada pelas variações topográficas. Espécies frugívoras, como os primatas, podem modular a seleção de habitat em função de variações na disponibilidade de recurso alimentar. Nós utilizamos a função de seleção de recursos (resource selection functions – RSF) para avaliar o uso de habitat de três espécies de primatas (*Saguinus bicolor*, *Sapajus apella* e *Chiropotes sagulatus*), em uma área de terra firme da Amazônia Central, ao longo de um gradiente topográfico, durante duas estações distintas (seca e chuvosa). As três espécies apresentaram diferenças no uso de habitat entre as estações. Na estação chuvosa, o *S. bicolor* usou, preferencialmente, áreas mais inclinadas, mas o uso de habitat da espécie foi uniforme na estação seca. *S. apella* e *C. sagulatus* segregaram habitat na estação seca, usando áreas de baixio e platô, respectivamente. Mas utilizaram o habitat uniformemente na estação chuvosa. A segregação de habitat entre *S. apella* e *C. sagulatus* provavelmente está associada ao fato de que as espécies utilizam itens alimentares preferenciais diferentes durante o período de escassez de frutos maduros. O uso de baixios por *S. apella* nesse período, pode estar relacionado com a alta concentração de palmeiras de dossel nessas áreas, um importante item alimentar para a espécie, durante o período de escassez de frutos. Da mesma forma, o uso de platôs pelo *C. sagulatus*, provavelmente está associada a presença de itens alimentares tipicamente selecionados pela espécie no período da estação seca. Aqui, nós elucidamos algumas informações ecológicas de três espécies de primatas, e mostramos como modelos de RSF, combinados com informações topográficas, podem ser uma ferramenta viável para construir mapas de distribuição preditiva para ajudar programas de conservação de primatas.

Abstract

Fruit availability in tropical forests varies temporally and spatially due to seasonality and environmental heterogeneity, which can be partly explained by topographic variations. Frugivorous species, such as primates, can modulate the selection of habitat use due to this variation in resource availability. We used the resource selection functions (RSF) to evaluate habitat use of three primate species (*Saguinus bicolor*, *Sapajus apella* and *Chiropotes sagulatus*) in a lowland Amazon forest along a topographic gradient in two distinct seasons (dry and rainy). The three species showed differences in habitat use between the seasons. *S. bicolor* presented preferences for slope areas during rainy season, but uniformly in the dry season. *S. apella* and *C. sagulatus* segregated by habitat in the dry season, using valley and plateau, respectively, but used the habitat uniformly in the rainy season. Habitat segregation between *S. apella* and *C. sagulatus* is probably associated to differences in foraging strategies when food resources are scarcer. The use of valley by *S. apella* during this period is possibly related to the higher concentration of palm in these areas, an important food item for this species during fruit shortages. Likewise, the use plateau areas by *C. sagulatus* was probably associated to the presence of food items typically selected during the dry season. Here we elucidate some basic ecological information for three primate species, and show how RSF models aligned with topographic information can be a feasible tool to build predictive distribution maps to help primate conservation programs.

Sumário

| | |
|-------------------------------|-----------|
| INTRODUÇÃO GERAL | 8 |
| OBJETIVOS | 10 |
| REFERÊNCIAS..... | 11 |
| CAPÍTULO I..... | 16 |
| INTRODUCTION..... | 18 |
| METHODS | 19 |
| RESULTS | 22 |
| DISCUSSION | 23 |
| ACKNOWLEDGMENT | 25 |
| REFERENCES..... | 26 |
| CONCLUSÃO | 33 |

INTRODUÇÃO GERAL

O uso do espaço pelos animais pode ser influenciado por características ambientais como elevação (Estevo *et al.*, 2017), disponibilidade de água (Paredes *et al.*, 2017), composição da vegetação (Norris *et al.*, 2011), efeitos antrópicos (Nagy-Reis *et al.*, 2017) e disponibilidade de recurso alimentar (Haugaasen & Peres, 2007). Espécies frugívoras, por exemplo, podem modular a seleção e/ou extensão do uso de habitat em função das variações espaciais e temporais na disponibilidade desse recurso alimentar (Van Schaik *et al.*, 1993).

As florestas de terra-firme da Amazônia Central crescem em um ambiente heterogêneo em relação às características do solo e à topografia, e essa heterogeneidade influencia diretamente a biodiversidade e a heterogeneidade ambiental (Castilho *et al.*, 2006; Costa *et al.*, 2008a). Pequenas variações na elevação e declividade do terreno são acompanhadas por mudanças nas características do solo, onde, ao longo do gradiente topográfico, ocorre uma progressiva substituição de latossolo férteis e ricos em argila nos platôs à solos arenosos e menos férteis em áreas de encostas e baixios (Chauvel *et al.*, 1987). Essa mudança desempenha um papel importante na variação da biomassa viva acima do solo (Castilho *et al.*, 2006), na composição de assembleias de plantas (Costa *et al.*, 2005; Kinupp & Magnusson, 2005; Costa *et al.*, 2008b) e nas mudanças estruturais da floresta, onde as áreas mais altas sustentam uma floresta mais densa, enquanto em áreas de encostas e baixios, a vegetação é mais esparsa, com predomínio de árvores emergentes, de sub-bosque e palmeiras (Castilho *et al.*, 2006).

Os gradientes topográficos, mesmo que sutis, desempenham um papel importante na abundância, composição de espécies e uso do habitat de diferentes táxons de animais, como formigas (Vasconcelos *et al.*, 2003), anuros (Menin *et al.*, 2007; Rojas-Ahumada *et al.*, 2012), aves (Cintra & Naka, 2012), morcegos (Capaverde *et al.*, 2018) e quelônios (Tavares *et al.*, 2019). A relação entre as características do solo e a altitude e inclinação do terreno são tão evidentes, que estudos apontam que as variáveis topográficas podem ser utilizadas como substitutas para textura e fertilidade do solo (Costa *et al.*, 2005; Costa *et al.*, 2008b). Essa substituição se torna muito útil para estudo de mesoescala, visto que mapas de solo nessa escala são raros para a Amazônia, diferente das variáveis topográficas, que são facilmente estimadas a partir de modelos digitais de elevação (MDE) derivados de imagens de radar SRTM (Shuttle Radio Topographic Mission), o que facilita sua aplicabilidade (Costa & Magnusson, 2010).

A disponibilidade de recurso alimentar também varia temporalmente (Smythe, 1986). Em florestas tropicais, a abundância de frutos é sazonal, sendo que em florestas de terra firme da Amazônia Central, a maior disponibilidade de frutos coincide com o início do período de chuvas, seguido por um período de escassez na estação seca (Hawes & Peres, 2016). Essa sazonalidade na disponibilidade de frutos impulsiona mudanças no uso de habitat de diversas espécies de frugívoros [*Dasyprocta leporina* (Silvius & Fragoso, 2003); *Tayassu pecari* (Carrillo *et al.*, 2002); *Pithecia albicans* e *Ara spp.* (Haugaasen & Peres, 2007)]. Os frugívoros representam a maioria da biomassa de mamíferos e aves tropicais (Terborgh, 1986), e são um grupo alvo para os esforços de conservação, pois são essenciais para a manutenção das florestas tropicais (Fleming & Kress, 2011), influenciando a diversidade, estrutura, e regeneração florestal através da dispersão e / ou predação de sementes (Wright *et al.*, 2000; Nunez-Iturri *et al.*, 2008; Stevenson, 2011; Galetti *et al.*, 2013). Considerando a limitação dos recursos financeiros para conservação, é essencial compreender a relação entre espécies e meio ambiente para otimizar estratégias de conservação (Primack & Rodrigues, 2001; Negrões *et al.*, 2011). A relação entre disponibilidade de frutos e uso de habitat é ainda mais intensa em frugívoros de dossel (Schleuning *et al.*, 2011), como os primatas, que em sua maioria consomem frutos verdes e maduros como recursos-chave da dieta (Fleming & Kress, 2011). Estudos apontam que, em relação à heterogeneidade espaço-temporal, a disponibilidade de recursos alimentar é o principal impulsionador do comportamento dos primatas (Reyna-Hurtado *et al.*, 2018), que podem modificar sua dieta (Paim *et al.*, 2017), comportamento (Gómez-Posada *et al.*, 2019), estratégias de forrageio (Nagy-Reis & Setz 2016; Reyna-Hurtado *et al.*, 2018) e uso do habitat (Haugaasen & Peres, 2007) para maximizar aquisição de alimentos no período de escassez de recursos.

Cerca de 60% das espécies de primatas são consideradas ameaçadas, e aproximadamente 75% sofrem com declínio populacional devido ao aumento das pressões antropogênicas (Estrada *et al.*, 2017). Entre elas encontra-se o sauí-de-coleira (*Saguinus bicolor*), cuja distribuição geográfica é a mais restritas entre os primatas da Amazônia Brasileira (Röhe, 2006), sendo parte dela inserida nas áreas de expansão urbana da cidade de Manaus (Amazonas, Brasil) (Gordo, 2012). A destruição e fragmentação da floresta na área de ocorrência de *S. bicolor* são as principais ameaças à preservação da espécie, que está classificada como “Críticamente em Perigo” (Lista de Espécies Ameaçadas – ICMBio, 2014). Mesmo diante dos números expressivos e do aumento acelerado dos efeitos negativos sobre os primatas em geral em razão do aumento dos efeitos antrópicos (Estrada *et al.*, 2017), boa parte das espécies de primatas que ocorrem na região amazônica apresenta carência de informações ecológicas

(Gordo *et al.*, 2008). Diante da necessidade de elucidar os fatores ecológicos que afetam o uso de habitat das espécies, e obter informações sobre como diferentes espécies respondem à diferenças na disponibilidade de frutos, o presente trabalho busca investigar com o uso de habitat de *Saguinus bicolor* (Spix, 1823), *Sapajus apella* (Linnaeus, 1758) e *Chiropotes sagulatus* (Traill, 1821) responde à muçancas sazonais e topográficas na disponibilidade de recurso alimentar em uma área de floresta de terra firme da Amazônia Central. Utilizamos variáveis topográficas (altitude de declividade) e as estações seca e chuvosa como preditores de variação espacial e temporal, respectivamente.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Avaliar o uso de habitat das espécies de primatas presentes em uma floresta de terra firme da Amazônia Central.

Objetivos específicos

- a) Investigar o uso do habitat de *Saguinus bicolor*, *Sapajus apella* e *Chiropotes sagulatus* ao longo do gradiente topográfico;
- b) Avaliar se há diferença no uso do habitat das espécies entre as estações chuvosa e seca, que correspondem ao período de maior e menor disponibilidade de frutos.

REFERÊNCIAS

- CAPAVERDE, U. D.; PEREIRA, L. G.; TAVARES, V. DA C.; MAGNUSSON, W. E.; BACCARO, F. B.; BOBROWIEC P. E. D. 2018. Subtle changes in elevation shift bat-assemblage structure in Central Amazonia. *Biotropica* 0: 1– 10.
- CARRILLO, E.; SAENZ, J. C.; FULLER, T. K. 2002. Movements and activities of white-lipped peccaries in corcovado National Park, Costa Rica. *Biological Conservation* 108: 317–24.
- CASTILHO, C. V., MAGNUSSON, W. E.; ARAUJO, R. N. O. 2006. Variation in aboveground tree live biomass in a central Amazonian forest: effects of soil and topography. *Forest Ecology and Management*. 234: 85–96.
- CHAUVEL, A.; LUCAS, Y.; BOULET, R. 1987. On the genesis of the soil mantle of the region of Manaus, Central Amazonia, Brazil. *Experientia* 43: 234-241.
- CINTRA, R.; NAKA, L. N. 2012. Spatial variation in bird community composition in relation to topographic gradient and forest heterogeneity in a central amazonian rainforest. *International Journal of Ecology*. 2012:25.
- COSTA, F.; CASTILHO, C.; DRUCKER D. P.; KINUPP, V.; NOGUEIRA, A.; SPIRONELLO, W. 2008a. Flora. In OLIVEIRA, M. L.; BACCARO, F. B.; BRAGA-NETO, R.; MAGNUSSON, W. E. (Ed.). *Reserva Ducke: A biodiversidade amazônica através de uma grade*, pp 11-20. Editora INPA, Manaus.
- COSTA, F.; GUILLAUMENT, J. L.; LIMA, A.; PEREIRA, O. S. 2008b. Gradients within gradients: The mesoscale distribution patterns of palms in a central Amazonian forest. *Journal of Vegetation Science*. 20: 69–78.
- COSTA, F. R. C.; MAGNUSSON, W. E. 2010. The need for large-scale, integrated studies of biodiversity - the experience of the Program for Biodiversity Research in Brazilian Amazonia. *Natureza & Conservação*. 8: 3-12.

COSTA, F. R. C.; MAGNUSSON, W. E.; LUIZÃO, R. C. 2005. Mesoscale distribution patterns of Amazonian understory herbs in relation to topography, soil and watersheds. *Journal of Ecology*. 93: 863-878.

ESTEVO, C. A.; NAGY-REIS, M. B.; NICHOLS, J. D. 2017. When habitat matters: Habitat preferences can modulate co-occurrence patterns of similar sympatric species. *PLoS ONE*. 12(7): e0179489.

ESTRADA, A.; GABER, P. A.; RAYLANDS, A. B.; ROOS, C.; FERNANDEZ-DUQUE, E.; DI FIORE, A.; NEKARIS, K. A.; NIJMAN, V.; HEYMANN, E. W.; LAMBERT, J. E.; ROVERO, F.; BARELLI, C.; SETCHELL, J. M.; GILLESPIE, T. R.; MITTERMEIER, R. A.; ARREGOITIA, L. V.; GUINEA, M.; GOUVEIA, S.; DOBROVOLSKI, R.; SHANEE, S.; SHANEE, N.; BOYLE, S. A.; FUENTES, A.; MACKINNON, K. C.; AMATO, K. R.; MEYER, A. L. S.; WICH, S.; SUSSMAN, R. W.; PAN, R.; KONE, I.; LI, B. 2017. Impending extinction crisis of the world's primates: Why primates matter. *Science Advances*.

FLEMING, T. H.; KRESS, W. J. 2011. A brief history of fruits and frugivores. *Acta Oecologica* 37: 521-530.

GALETTI, M.; GUEVARA, R.; CÔRTEZ, M. C.; FADINI, R.; MATTER, S. V.; LEITE, A. B.; LABECCA, F.; RIBEIRO, T.; CARVALHO, C. S.; COLLEVATTI, R. G.; PIRES, M. M.; GUIMARÃES, P. R. Jr; BRANCALION, P. H.; RIBEIRO, M. C.; JORDANO, P. 2013. Functional extinction of birds drives rapid evolutionary changes in seed size. *Science* 340, 1086–1090.

GÓMES-POSADA, C.; REY-GOYENECHÉ, J.; TENORIO, E. A. 2019. Ranging Responses to Fruit and Arthropod Availability by a Tufted Capuchin Group (*Sapajus apella*) in the Colombian Amazon. In REYNA-HURTADO, R.; CHAPMAN, C. A. (Ed.). *Movement Ecology of Neotropical Forest Mammals*, pp. 195-205. Springer, New York, New York.

GORDO, M. Ecologia e conservação do Sauim-de-coleira, *Saguinus bicolor* (Primates; Callitrichidae). 2012. PhD Dissertation. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, Pará.

GORDO, M.; RODRIGUES, L. F.; VIDAL, M. D.; SPIRONELLO, W. R. 2008. Primatas. In OLIVEIRA, M. L.; BACCARO, F. B.; BRAGA-NETO, R.; MAGNUSSON, W. E. (Ed.). *Reserva Ducke: A biodiversidade amazônica através de uma grade*, pp 39-49. Editora INPA, Manaus.

- HAUGAASEN, T.; PERES, C. A. 2007. Vertebrate responses to fruit production in Amazonian flooded and unflooded forests. *Biodiversity and Conservation*. 16: 4165–4190.
- HAWES, J. E.; PERES, C. A. 2016. Patterns of plant phenology in Amazonian seasonally flooded and unflooded forests. *Biotropica*. 0: 1-11.
- KINUPP, V. F.; MAGNUSSON, W. E. 2005. Spatial patterns in the understory shrub genus *Psychotria* in central Amazonia: effects of distance and topography. *Journal of Tropical Ecology*. 21:1–12.
- Lista de Espécies Ameaçadas – ICMBio, 2014. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/biodiversidade/fauna-brasileira/avaliacao-do-risco/PORTARIA_Nº_444_DE_17_DE_DEZEMBRO_DE_2014.pdf
- MENIN, M.; LIMA, A. P.; MAGNUSSON, W. E.; WALDEZ, F. 2007. Topographic and edaphic effects on the distribution of terrestrially reproducing anurans in Central Amazonia: Mesoscale spatial patterns. *Journal of Tropical Ecology*. 23: 539–47.
- NAGY-REIS, M. B.; NICHOLS, J. D.; CHIARELLO, A. G.; RIBEIRO, M. C.; SETZ, E. Z. 2017. Landscape use and co-occurrence patterns of neotropical spotted cats. *PLoS ONE*. 12: e0168441.
- NAGY-REIS, M. B.; SETZ, E. Z. F. 2016. Foraging strategies of black-fronted titi monkeys (*Callicebus nigrifrons*) in relation to food availability in a seasonal tropical forest. *Primates*. 58, 149-158.
- NEGRÕES, N.; REVILLA, E.; FONSECA, C.; SOARES, A. M. V. M.; JÁCOMO, A. T. A.; SILVEIRA, L. 2011. Private forest reserves can aid in preserving the community of medium and large-sized vertebrates in the Amazon arc of deforestation. *Biodiversity and Conservation*. 20: 505–518.
- NORRIS, D.; ROCHA-MENDES, F.; MARQUES, R.; NOBRE, R. A.; GALETTI, M. 2011. Density and Spatial Distribution of Buffy-tufted-ear Marmosets (*Callithrix aurita*) in a Continuous Atlantic Forest. *International Journal of Primatology*. 32: 811–829.
- NUNEZ-ITURRI, G.; OLSSON, O.; HOWE, H. F. 2008. Hunting reduces recruitment of primate-dispersed trees in Amazonian Peru. *Biological Conservation*. 141: 1536–1546. 2008.

- PAIM, F. P.; CHAPMAN, C. A.; QUEIROZ, H. L.; PAGLIA, A. P. 2017. Does Resource Availability Affect the Diet and Behavior of the Vulnerable Squirrel Monkey, *Saimiri vanzolinii*?. *International Journal of Primatology*. 38: 572–587.
- PAREDES, O. S. L.; NORRIS, D.; OLIVEIRA, T. G.; MICHALSKI, F. 2017. Water availability not fruitfall modulates the dry season distribution of frugivorous terrestrial vertebrates in a lowland Amazon forest. *PLoS ONE*. 12:e0174049.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. 2001. *Biologia da Conservação*. Londrina: Editora Planta.
- REYNA-HURTADO, R.; TEICHROEB, J. A.; BONNELL, T. R.; HERNÁNDEZ-SARABIA, R. U.; VICKERS, S. M.; SERIO-SILVA, J. C.; SICOTTE, P. S.; CHAPMAN, C. A. 2018. Primates adjust movement strategies due to changing food availability. *Behavioral Ecology*. 29: 368–376.
- RÖHE, F. 2006. Área de contato entre as distribuições geográficas de *Saguinus midas* e *Saguinus bicolor* (Callitrichidae-Primates): a importância de interações e fatores ecológicos. MSc Dissertation, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.
- ROJAS-AHUMADA, D. P.; LANDEIRO, V. L.; MENIN, M. 2012. Role of environmental and spatial processes in structuring anuran communities across a tropical rain forest. *Austral Ecology*. 37: 865–73.
- SCHLEUNING, M.; BLUETHGEN, N.; FLOERCHINGER, M.; BRAUN, J.; SCHAEFER, H. M.; BOEHNING-GAESE, K. 2011. Specialization and interaction strength in a tropical plant-frugivore network differ among forest strata. *Ecology*. 92: 26-36.
- SILVIUS, K. M.; FRAGOSO, J. M. 2003. Red-rumped Agouti (*Dasyprocta leporina*) Home Range Use in an Amazonian Forest: Implications for the Aggregated Distribution of Forest Trees. *Biotropica* 35: 74-83.
- SMYTHE, N. 1986. Competition and resource partitioning in the guild of neotropical terrestrial frugivorous mammals. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 17: 169-88.
- STEVENSON, P. R. 2011. The Abundance of Large Ateline Monkeys is Positively Associated with the Diversity of Plants Regenerating in Neotropical Forests. *Biotropica*. 43: 512–519.

TAVARES, A. S.; MORCATTY, T. Q.; ZUANON, J.; MAGNUSSON, W. E. 2019. Influence of body size, topography, food availability and tree-fall gaps on space use by yellow-footed tortoises (*Chelonoidis denticulatus*) in Central Amazonia. PLoS ONE, 14: e0211869.

VAN SCHAIK, C. P.; TERBORGH, J. W.; WRIGHT, S. J. 1993. The phenology of tropical forest: Adaptive Significance and consequences for primary consumers. Annual Review of Ecology and Systematics 24: 353-377.

VASCONCELOS, H. L.; MACEDO, A. C. C.; VILHENA, J. 2003. Influence of Topography on the Distribution of Ground-Dwelling Ants in an Amazonian Forest. Studies on Neotropical Fauna and Environment. 38: 115–24.

WRIGHT, S. J.; ZEBALLOS, H.; DOMÍNGUEZ, I.; GALLARDO, M. M.; MORENO, M. C.; IBÁÑEZ, R. 2000. Poachers alter mammal abundance, seed dispersal, and seed predation in a Neotropical Forest. Conserv. Biol. 14, 227–239.

CAPÍTULO I

KINAP, N. M.; NAGY-REIS, M.; GORDO, M.; SPIRONELLO, W. R.

Primate habitat use in a Central Amazon forest

Manuscrito submetido para Biotropica.

Primate habitat use in a Central Amazon forest

Natalia Margarido Kinap¹, Mariana Nagy-Reis², Marcelo Gordo³, Wilson Roberto Spironello¹

¹ Grupo de Pesquisas de Mamíferos Amazônicos, Coordenação de Biodiversidade, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. CEP: 69060-000. Manaus, Brasil.

² Department of Biological Sciences, University of Alberta, Edmonton, Alberta, T6G 2E9, Canada.

³ Projeto Sauim-de-Coleira, Universidade Federal do Amazonas. CEP: 69080-900. Manaus, Brasil.

ABSTRACT

Fruit availability in tropical forests varies temporally and spatially due to seasonality and environmental heterogeneity, which can be partly explained by topographic variations. Frugivorous species, such as primates, can modulate the selection of habitat use due to this variation in resource availability. We used the resource selection functions (RSF) to evaluate habitat use of three primate species (*Saguinus bicolor*, *Sapajus apella* and *Chiropotes sagulatus*) in a lowland Amazon forest along a topographic gradient in two distinct seasons (dry and rainy). The three species showed differences in habitat use between the seasons. The habitat use of *S. bicolor* was positively related to slope in the rainy season but uniformly in the dry season. *S. apella* and *C. sagulatus* segregated by habitat in the dry season, using *baixio* and plateau, respectively, but used the habitat uniformly in the rainy season. Habitat segregation between *S. apella* and *C. sagulatus* is probably associated to differences in foraging strategies when food resources are scarcer. The use of *baixios* by *S. apella* during this period is possibly related to the higher concentration of palm in these areas, an important food item for this species during fruit shortages. Likewise, the use plateau areas by *C. sagulatus* was probably associated to the presence of food items typically selected during the dry season. Here we elucidate some basic ecological information for three primate species, and show how RSF models aligned with topographic information can be a feasible tool to build predictive distribution maps to help primate conservation programs.

Keywords: Amazon; Bearded saki; Brown capuchin monkey; Pied tamarin; Resource selection functions; topographic variations.

INTRODUCTION

FRUGIVOROUS VERTEBRATES REPRESENT THE MAJORITY OF TROPICAL mammal and bird biomass (Terborgh, 1986). They are essential for maintaining tropical forests (Fleming & Kress, 2011), acting on seed dispersal, forest recruitment and regeneration (Nunez-Iturri *et al.*, 2008; Stevenson, 2011). Environmental characteristics such as elevation (Estevo *et al.*, 2017), water availability (Paredes *et al.*, 2017), vegetation composition (Norris *et al.*, 2011), and anthropic effects (Nagy-Reis *et al.*, 2017) may influence habitat use of frugivorous vertebrates. Frugivorous species are modulated by fruit availability (Stevenson, 2001), and their habitat selection and/or extent of habitat use is a function of the spatial and temporal variation in fruit availability (Van Schaik *et al.*, 1993).

Topography is a determining factor for resource spatial distribution, as it affects biodiversity and environmental heterogeneity (Castilho *et al.*, 2006; Costa *et al.*, 2008a). Studies in Central Amazonia have shown that small variations in terrain slope and elevation may influence soil characteristics (Chauvel *et al.*, 1987), plant assemblages, forest structure (Costa *et al.*, 2008b; Castilho *et al.*, 2006), and, consequently, the distribution, composition and abundance of species of different taxa, such as ants (Vasconcelos *et al.*, 2003), anurans (Menin *et al.*, 2007; Rojas-Ahumada *et al.*, 2012), birds (Cintra & Naka, 2012), and bats (Capaverde *et al.*, 2018). In fact, it has been shown that topographic variations can influence intraspecific and interspecific use of habitat in various areas (e.g., tinamous – Estevo *et al.*, 2017; salamanders – MacKenzie *et al.* 2004; tortoises – Tavares *et al.*, 2019).

Resource availability also varies temporally (Smythe, 1986). In tropical forests, fruit abundance is seasonal, with the highest fruit availability in the start of the rainy season, followed by a period of scarcity during the dry season (Hawes & Peres, 2016; Van Schaik *et al.*, 1993). Seasonality in fruit availability leads to changes in habitat use by frugivores [*Dasyprocta leporina* (Silvius & Fragoso, 2003); *Tayassu pecari* (Carrillo *et al.*, 2002); *Pithecia albicans* and *Ara* spp. (Haugaasen & Peres, 2007)]. This relationship between frugivores and fruit availability is even more pronounced in arboreal frugivores (Schleuning *et al.*, 2011), such as the primates, which change diet (Paim *et al.*, 2017), behavior (Gómez-

Posada *et al.*, 2019), foraging strategies (Nagy-Reis & Setz 2016; Reyna-Hurtado *et al.*, 2018) and habitat use (Mourthé, 2014) to maximize food acquisition during fruit shortages.

Due to the increase of anthropogenic pressures (e.g., expansion of industrial agriculture, large-scale cattle ranching, logging, and poaching), about 60 percent of all primate species are now considered threatened and approximately 75 percent have declining populations (Estrada *et al.*, 2017). Considering that financial resources for conservation are extremely limited, understanding the relationship between species and the environment is essential to optimize conservation strategies (Primack & Rodrigues, 2001; Negrões *et al.*, 2011). Here we investigated the habitat use of pied tamarin, (*Saguinus bicolor*), brown capuchin monkey (*Sapajus apella*) and bearded saki (*Chiropotes sagulatus*) along a topographic gradient during the rainy and dry seasons, which corresponds to the highest and lowest fruit availability in a lowland Amazon forest.

METHODS

STUDY AREA — This research was conducted at Reserva Florestal Adolpho Ducke (Ducke Reserve), of the Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, located northeast of the city of Manaus, Amazonas, Brazil (02°55'S, 59°59'W). The Reserve covers 10,000 ha of *terra firme* tropical rain forest, with irregular terrain, with altitude ranging from 40 to 140 m (Ribeiro *et al.*, 1999). Topography is an important factor in soil formation in the region, where structure and floristic composition of the forest are mainly defined by soil and relief variations (Baccaro *et al.*, 2008). Between January 2018 and April 2019, the temperature, relative humidity, and precipitation ranged from 25°C, 95% and 173mm during the rainy season (January to April), and 27°C, 88% and 85mm during the dry season (July to October) (data obtained from a weather station located inside the Ducke Reserve).

PRIMATE SAMPLING — To sample the primates, we used the linear transect protocol (Peres, 1999; Peres & Cunha, 2011). Sampling was conducted on six 5-km long transects (Fig 1), using the RAPELD trail system (Magnusson *et al.*, 2005). Transects were traveled seven times in the rainy season (February to April 2018 and 2019) and seven times in the dry season (July to October 2018) in the morning (0600 – 1100 h) and in the afternoon (1230 – 1700 h), totaling 440-km of sampling effort. We sampled transects at a constant speed (approximately 1,25 km / h), and after visual detection of a group of primates, we recorded its georeferenced position and time of sighting. In the case of detections through vocalization, we only

considered groups with a maximum distance of 40-m (radius) from the observer. In such cases, we recorded the species, time, and georeferenced position of the detection site.

PRIMATE SPECIES — Six primate species occur in the Ducke Reserve (Gordo *et al.*, 2008): red howler monkey (*Alouatta macconnelli*), spider monkey (*Ateles paniscus*), bearded saki (*Chiropotes sagulatus*), golden-faced saki (*Pithecia chrysocephala*), pied tamarin (*Saguinus bicolor*), and brown capuchin monkey (*Sapajus paella*). Due to the low number of detections of *Alouatta macconnelli* and *Pithecia chrysocephala* in the dry season, and the lack of detections of *Ateles paniscus*, these three species were not included in our analyses.

The pied tamarin belongs to the family Callitrichidae. It is an insectivorous-frugivorous species, and its diet consists mainly of fruits, but complements its diet with exudates, nectar, arthropods and small vertebrates (Egler, 1986). Estimated home range at Ducke is approximately 100 ha (M. Gordo unpubl. data). Groups contain 2 - 12 individuals and species density in the study area is 1 - 1.5 groups / km² (Rodrigues & Vidal, 2011; W.R. Spironello unpubl. data).

The brown capuchin monkey belongs to the family Cebidae. Capuchins are frugivores-insectivores, consuming a wide variety of fruits, seeds and arthropods, frogs, nestlings and even small mammals, supplemented by stems, flowers and leaves (Spironello, 2001; Boubli *et al.*, 2018). Their estimated home range is approximately 850 ha, social groups can consist of up to 36 individuals (Spironello 1991, 2001), and species density in the study area varies is 0.31 - 0.67 groups / km² (W.R. Spironello unpubl. data; Rodrigues & Vidal, 2011).

The bearded saki belongs to the family Pitheciidae. They feed mainly on immature seeds, but also consume ripe fruit pulp, young leaves and insects (Moura, 2016). Home range of the species can reach 500 ha; they live in social groups of up to 37 individuals (Gordo *et al.*, 2008), and species density in the study area varies from 0.3 (Rodrigues & Vidal, 2011) and 1.19 (W.R. Spironello unpubl. data) groups /km².

HABITAT SELECTION ANALYSES — We obtained SRTM-HASL (Shuttle Radar Topography Mission—Height Above Sea Level) elevation and slope topographic data with 30-m resolution from Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2019).

We analyzed primate habitat selection using resource selection functions (RSF; Boyce *et al.*, 2002). RSF uses geographic information system (GIS) data and animal location information to generate predictive resource selection models, estimated from use-available data (Morris *et al.*, 2016). Units where animals are detected (in this case, pixels) are considered “used”, while

random units where animals have access but not necessarily where detected are considered “available”. We considered the georeferenced positions obtained for each species during our transect sampling as “used” resources. We then generated a set of random points (“pixels”) in the study area to sample landscape availability at a 1:5 used-available ratio, following Fattebert *et al.* (2018), using the *randomPoints* function in R version 3.6.0 (R Core Team, 2017). We extracted values of the landscape variables at each used and available point using the package *raster* (Hijmans, 2019) in R version 3.6.0 (R Core Team, 2017).

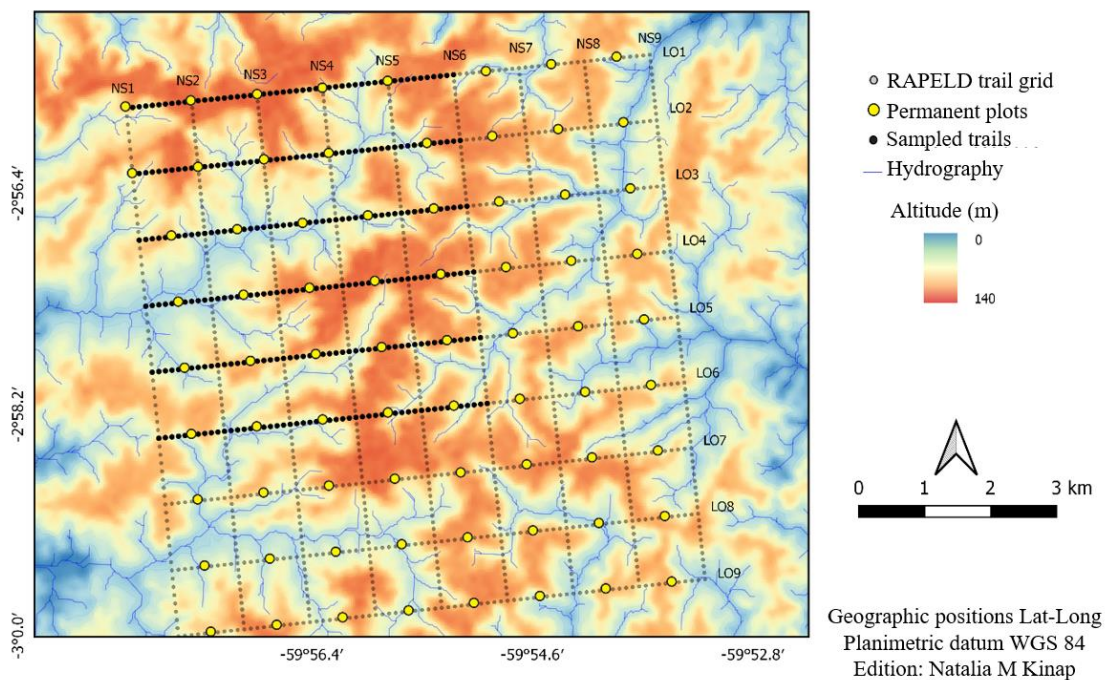


FIGURE 1 – RAPELD trail grid installed at Ducke, highlighting the sampled trails. The letters and numbers refer to the trail names, where NS and LO represent the north-south and east-west rows, respectively.

We fitted generalized linear models with binomial error distribution (logistic regression) to the used-available data, for each species and season separately. We selected the models using Akaike’s Information Criterion corrected for small sample size (AIC_c), using the package *lme4* (Bates *et al.*, 2015) in R version 3.6.0 (R Core Team, 2017). We projected the coefficients of the selected models in the following equation (Johnson *et al.*, 2004),

$$RSF = w_{RSF(x)} = \exp(\beta_1\chi_1 + \beta_2\chi_2 + \dots + \beta_n\chi_n)$$

where β is the coefficient of variable χ . We rescaled the resulting RSF predicted values between 0 and 1, as

$$\text{WRSF}(x) = (\text{WRSF}(X) - \text{WRSF}_{\min}) / (\text{WRSF}_{\max} - \text{WRSF}_{\min})$$

to generate a continuous raster surface of our study area, where each pixel represented the spatial projection of the relative probability of use for that unit. The maps were built using QuantumGIS (v. 2.18) raster calculator.

RESULTS

From a 420-km sampling effort, we obtained 136 primate records (Table 1). Due to the low number of detections of *Alouatta macconnelli* and *Pithecia chrysocephala* in the dry season, these two species were not included in the analyses.

In the rainy season, *Saguinus bicolor* seems to select units with steeper slope (Figure 2 - A), but in the dry season, the species did not select any of the tested variables, showing homogeneous distribution over the topographic gradient. In the dry season, *Sapajus apella* selected locations with lower elevations values (*baixios*) (Figure 2 - B), whereas *Chiropotes sagulatus* selected more elevated locations (Figure 2, C). During the rainy season, *Sapajus apella* and *Chiropotes sagulatus* did not select any of the analyzed topographic variables (Table 2).

TABLE 1 – Number of primate records (detections), sampling by linear transect protocol, in the rainy (Jan – Apr) and dry (Jul – Oct) seasons at Ducke Reserve, Manaus, Amazonas, Brazil.

| Species | N. of detections | Rainy season (Jan – Apr) | Dry season (Jul – Oct) |
|-------------------------------|------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <i>Sapajus apella</i> | 46 | 33 | 13 |
| <i>Saguinus bicolor</i> | 29 | 18 | 11 |
| <i>Chiropotes sagulatus</i> | 24 | 8 | 16 |
| <i>Alouatta macconnelli</i> | 19 | 18 | 1 |
| <i>Pithecia chrysocephala</i> | 18 | 15 | 3 |
| | 136 | 92 | 44 |

TABLE 2 - Top models ($\Delta AICc < 2$) used to evaluate habitat use by three species of primates at Ducke Reserve.

| Species | Season | Covariates | B |
|-----------------------------|--------|------------|-----------------------|
| <i>Saguinus bicolor</i> | Rainy | Slope | 0.13 (± 0.05) |
| | Dry | Null | - |
| <i>Sapajus apella</i> | Rainy | Null | |
| | Dry | Elevation | - 0.04 (± 0.02) |
| <i>Chiropotes sagulatus</i> | Rainy | Null | - |
| | Dry | Elevation | 0.06 (± 0.02) |

DISCUSSION

Most primate populations are currently declining due to the increase of anthropogenic pressures (Estrada *et al.*, 2017). *Saguinus bicolor*, for instance, has one of the narrowest geographical distributions among the primates of the Brazilian Amazon (Röhe, 2006) and is facing eminent threat by forest destruction and fragmentation (Gordo, 2012), being classified as “Critically Endangered” (List of Endangered Species – ICMBio, 2014).

Despite a National Conservation Action Plan (PAN Sauim-de-coleira), which aims to establish and implement an integrated research program to gain greater knowledge of the species, we still have basic knowledge gaps, including species-habitat relationships. Here by investigating the habitat use of *S. bicolor* and other two species (*Sapajus apella* and *Chiropotes sagulatus*) along a topographic gradient in a lowland Amazon forest we brought new information on how these species relate to their environment.

Our results suggest that sympatric primates can respond differently to topographic gradients and their habitat use can vary between seasons in lowland Amazon forest. In the rainy season, *Sapajus apella* and *Chiropotes sagulatus* has homogeneous distribution throughout a topographic gradient, while in the dry season, they might segregate in habitat by selecting *baixio* and plateau areas, respectively. Food availability is often the main driver of primate spatio-temporal behavior (Reyna-Hurtado *et al.*, 2018). Seasonal changes in fruit supply can alter primate diet (Paim *et al.*, 2017) and movement (Gómez-Posada *et al.*, 2019) as a result of changes in foraging strategies (Nagy-Reis & Setz, 2016) to optimize energy. In our study, *S. apella* and *C. sagulatus* segregated in the topographic gradient during the dry season, which corresponds to the period of fruit scarcity. Topography is a composite variable, linked to soil characteristics (Chauvel *et al.*, 1987), and structural features of the forest, such as plant

composition, tree and palm density (Costa *et al.*, 2008b; Castilho *et al.*, 2006). *S. apella* presented a higher probability of habitat use in *baixio* areas, sites associated with higher palm density, such as *Oenocarpus bataua* (Raupp & Cintra, 2011; Ribeiro *et al.*, 1999), which is an important food item for this species in the period of shortage of other fruits (Spironello, 2001). In these periods, palm fruits can represent about 33% of the total vegetable items consumed by *S. apella* (Spironello, 1991; 2001). *C. sagulatus* was more likely to be found in plateau areas because, unlike most primates, the most part of the species diet is composed of immature seeds (Moura, 2016), and in the dry season the species also consumes flowers and seeds, items that are most abundant in plateau areas (Tavares *et al.*, 2019; Capaverde *et al.*, 2018).

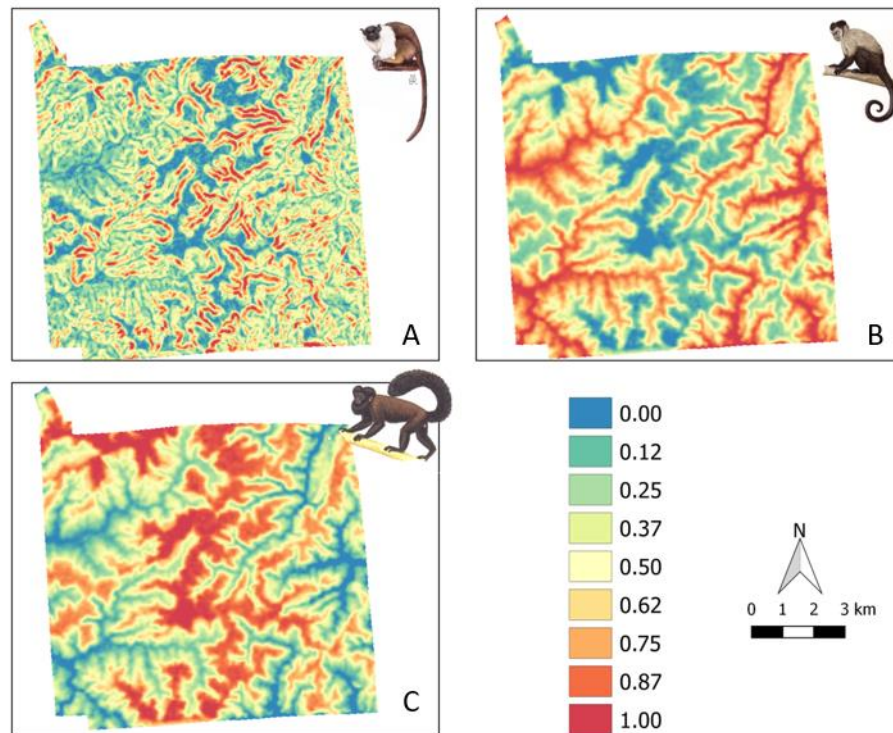


FIGURE 2 - Probability of habitat selection for *Saguinus bicolor* during rainy season (A), *Sapajus apella* during dry season (B) and *Chiropothes sagulatus* during dry season (C) derived from a resource selection functions (RSF). In the rainy season, *S. apella* and *C. sagulatus* did not select any of the analyzed topographic variables, nor did *S. bicolor* in the dry season.

Habitat segregation is an important mechanism regulating the co-existence of sympatric species (Estevo *et al.*, 2017). Minor variations in relief influence plant assemblages (Costa *et*

al., 2005; Costa *et al.*, 2008b; Rodrigues *et al.*, 2014) and animal taxa (Vasconcelos *et al.*, 2003; Menin *et al.*, 2007; Rojas-Ahumada *et al.*, 2012; Cintra & Naka, 2012; Capaverde *et al.*, 2018). Tavares *et al.* (2019) report that associated intraspecific changes in habitat use of yellow-footed tortoise (*Chelonoidis denticulatus*) are related to food resource heterogeneity and shelter along the topographic gradient. Similarly, Estevo *et al.* (2017) and MacKenzie *et al.* 2004 report co-occurrence patterns of tinamids and salamanders, respectively, being more likely related to habitat preferences in an altitudinal gradient than interspecific interactions. In our study, the preference for distinct food items between *Sapajus apella* and *Chiropotes sagulatus* may be important to explain habitat segregation between them in the period of resource scarcity as a strategy to reduce the negative effects of food competition.

We applied the resource selection functions (RSF) as a tool for measuring primate habitat use. This approach requires less time and financial effort than the traditional ones, since resource selection function models were built from the georeferenced fixed points of records obtained in linear transects, using existing trail system (Costa & Magnusson, 2010), combined with variables obtained from Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) images. The use of topographic variables as predictors for habitat use of species is an optimal tool for mesoscale studies as elevation variations are easily estimated from digital elevation models (DEM), which facilitates their applicability (Costa & Magnusson, 2010). By enabling building predictive distribution maps based on information at sites being used and contrasting them with available DEM characteristics, this tool is highly applicable in species monitoring programs, and it is more refined and robust than presence-only analyses (Boyce, 2010).

ACKNOWLEDGMENT

We thank the Instituto de Pesquisa da Amazônia (INPA), the Programa de Pós-graduação de Ecologia and the Grupo de Pesquisa de Mamíferos Amazônicos (GPMA) for the infrastructure provided. We thank Ducke for support during our fieldwork. We also thank Fernando Sarti Andriolli and Wellyngton Espindola for their collaboration during data collection., and André Gonçalves and Pedro Pequeno for helpful suggestions. This work received financial support from the Primate Action Fund's Global Wildlife Conservation (GWC) (Grant 5149.008-0211).

REFERENCES

- BACCARO, F. B.; DRUCKER, D. P.; VALE, J.; OLIVEIRA, M. L.; MAGALHÃES, C.; CUNHA-LEPSCH, N.; MAGNUSSON, W. E. 2008. A Reserva Ducke. *In* OLIVEIRA, M. L.; BACCARO, F. B.; BRAGA-NETO, R.; MAGNUSSON, W. E. (Ed.). Reserva Ducke: A biodiversidade amazônica através de uma grade, pp. 12-20. Editora INPA, Manaus.
- BATES, D.; MAECHLER, M.; BOLKER, B.; WALKER, S. 2015. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*. 67: 1-48.
- BOUBLI, J.; ALVES, S. L.; BUSS, G.; CARVALHO, A.; CEBALLOS-MAGO, N.; LYNCH ALFARO, J.; MESSIAS, M.; MITTERMEIER, R. A., PALACIOS, E.; RAVETTA, A.; RUMIZ, D. I.; RYLANDS, A. B.; STEVENSON, P.; DE LA TORRES, S. 2018. *Sapajus apella*. The IUCN Red List of Threatened Species.
- BOYCE, M. S. 2010. Presence-only data, pseudo-absences, and other lies about habitat selection. *Ideas in Ecology and Evolution*. 3: 26-27.
- BOYCE, M. S., VERNIER, P. R., NIELSEN, S. E., SCHMIEGELOW, F. K. 2002. Evaluating resource selection functions. *Ecological Modelling*. 157: 281–300
- CAPAVERDE, U. D.; PEREIRA, L. G.; TAVARES, V. DA C.; MAGNUSSON, W. E.; BACCARO, F. B.; BOBROWIEC P. E. D. 2018. Subtle changes in elevation shift bat-assemblage structure in Central Amazonia. *Biotropica* 0: 1– 10.
- CARRILLO, E.; SAENZ, J. C.; FULLER, T. K. 2002. Movements and activities of white-lipped peccaries in corcovado National Park, Costa Rica. *Biological Conservation* 108: 317–24.
- CASTILHO, C. V., MAGNUSSON, W. E.; ARAUJO, R. N. O. 2006. Variation in aboveground tree live biomass in a central Amazonian forest: effects of soil and topography. *Forest Ecology and Management*. 234: 85–96.
- CHAUVEL, A.; LUCAS, Y.; BOULET, R. 1987. On the genesis of the soil mantle of the region of Manaus, Central Amazonia, Brazil. *Experientia* 43: 234-241.

CINTRA, R.; NAKA, L. N. 2012. Spatial variation in bird community composition in relation to topographic gradient and forest heterogeneity in a central amazonian rainforest.

International Journal of Ecology. 2012:25.

COSTA, F.; CASTILHO, C.; DRUCKER D. P.; KINUPP, V.; NOGUEIRA, A.; SPIRONELLO, W. 2008a. Flora. In OLIVEIRA, M. L.; BACCARO, F. B.; BRAGA-NETO, R.; MAGNUSSON, W. E. (Ed.). Reserva Ducke: A biodiversidade amazônica através de uma grade, pp 11-20. Editora INPA, Manaus.

COSTA, F.; GUILLAUMENT, J. L.; LIMA, A.; PEREIRA, O. S. 2008b. Gradients within gradients: The mesoscale distribution patterns of palms in a central Amazonian forest
Gradients within gradients: The mesoscale distribution patterns of palms in a central Amazonian forest. Journal of Vegetation Science. 20: 69–78.

COSTA, F. R. C.; MAGNUSSON, W. E. 2010. The need for large-scale, integrated studies of biodiversity - the experience of the Program for Biodiversity Research in Brazilian Amazonia. Natureza & Conservação. 8: 3-12.

COSTA, F. R. C.; MAGNUSSON, W. E.; LUIZÃO, R. C. 2005. Mesoscale distribution patterns of Amazonian understory herbs in relation to topography, soil and watersheds. Journal of Ecology. 93: 863-878.

EGLER, S. G. 1986. Estudos bionômicos de *Saguinus bicolor bicolor* (Spix, 1823) (Callitrichidae: Primates), em mata tropical alterada, Manaus (AM). MSc Dissertation. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ESTEVO, C. A.; NAGY-REIS, M. B.; NICHOLS, J. D. 2017. When habitat matters: Habitat preferences can modulate co-occurrence patterns of similar sympatric species. PLoS ONE. 12(7): e0179489.

ESTRADA, A.; GABER, P. A.; RAYLANDS, A. B.; ROOS, C.; FERNANDEZ-DUQUE, E.; DI FIORE, A.; NEKARIS, K. A.; NIJMAN, V.; HEYMANN, E. W.; LAMBERT, J. E.; ROVERO, F.; BARELLI, C.; SETCHELL, J. M.; GILLESPIE, T. R.; MITTERMEIER, R. A.; ARREGOITIA, L. V.; GUINEA, M.; GOUVEIA, S.; DOBROVOLSKI, R.; SHANEE, S.; SHANEE, N.; BOYLE, S. A.; FUENTES, A.; MACKINNON, K. C.; AMATO, K. R.; MEYER, A. L. S.; WICH, S., SUSSMAN, R. W.; PAN, R.; KONE, I.; LI, B. 2017. Impending extinction crisis of the world's primates: Why primates matter. Science Advances.

FATTEBERT, J.; MICHAEL, V.; SCHERLER, P.; NEAF-DAENZER, B.; MILANESEI, P.; GRÜEBLER, M. U. 2018. Little owls in big landscapes: informing conservation using multi-level resource selection functions. *Biol. Conserv.* 228: 1–9.

FLEMING, T. H.; KRESS, W. J. 2011. A brief history of fruits and frugivores. *Acta Oecologica* 37: 521-530.

GÓMES-POSADA, C.; REY-GOYENECHÉ, J.; TENORIO, E. A. 2019. Ranging Responses to Fruit and Arthropod Availability by a Tufted Capuchin Group (*Sapajus apella*) in the Colombian Amazon. In REYNA-HURTADO, R.; CHAPMAN, C. A. (Ed.). *Movement Ecology of Neotropical Forest Mammals*, pp. 195-2015. Springer, New York, New York.

GORDO, M. Ecologia e conservação do Sauim-de-coleira, *Saguinus bicolor* (Primates; Callitrichidae). 2012. PhD Dissertation. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, Pará.

GORDO, M.; RODRIGUES, L. F.; VIDAL, M. D.; SPIRONELLO, W. R. 2008. Primatas. In OLIVEIRA, M. L.; BACCARO, F. B.; BRAGA-NETO, R.; MAGNUSSON, W. E. (Ed.). *Reserva Ducke: A biodiversidade amazônica através de uma grade*, pp 39-49. Editora INPA, Manaus.

HAUGAASEN, T.; PERES, C. A. 2007. Vertebrate responses to fruit production in Amazonian flooded and unflooded forests. *Biodiversity and Conservation*. 16: 4165–4190.

HAWES, J. E.; PERES, C. A. 2016. Patterns of plant phenology in Amazonian seasonally flooded and unflooded forests. *BIOTROPICA*. 0: 1-11.

HIJMANS, R. J. 2019. raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 2.8-19. <https://CRAN.R-project.org/package=raster>.

JOHNSON, C. J.; SEIP, D. R.; BOYCE, M. S. 2004. A quantitative approach to conservation planning: using resource selection functions to map the distribution of mountain caribou at multiple spatial scales. *Journal of Applied Ecology*. 41: 238–251.

List of Endangered Species – ICMBio, 2014. Disponível em:

http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/biodiversidade/fauna-brasileira/avaliacao-do-risco/PORTARIA_Nº_444_DE_17_DE_DEZEMBRO_DE_2014.pdf

- MACKENZIE D. I.; BAILEY, L. L.; NICHOLS, J. 2004. Investigating species co-occurrence patterns when species are detected imperfectly. *J Anim Ecol.* 73: 546–55.
- MAGNUSSON, W. E.; LIMA, A. P.; LUIZÃO, R.; LUIZÃO, F.; COSTA, F. R. C.; CASTILHO, C. V.; KINUPP, V. R. 2005. RAPELD: A modification of the gentry method for biodiversity surveys in long-term ecological research sites. *Biota Neotropica.* 5(2) bn01005022005.
- MENIN, M.; LIMA, A. P.; MAGNUSSON, W. E.; WALDEZ, F. 2007. Topographic and edaphic effects on the distribution of terrestrially reproducing anurans in Central Amazonia: Mesoscale spatial patterns. *Journal of Tropical Ecology.* 23: 539–47.
- MORRIS, L. R.; PROFFITT, K. M.; BLACKBURN J. K. 2016. Mapping Resource Selection Functions in Wildlife Studies: Concerns and Recommendations. *Appl Geogr.* 76: 173–183.
- MOURA, V. S. 2016. Variação sazonal e longitudinal na ecologia alimentar de *Chiropotes sagulatus* (Trail, 1821) na Amazônia brasileira. MSc Dissertation. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.
- MOURTHÉ, I. 2014. Response of frugivorous primates to changes in fruit supply in a northern Amazonian forest. *Brazilian Journal of Biology.* 74: 720-727.
- NAGY-REIS, M. B.; NICHOLS, J. D.; CHIARELLO, A. G.; RIBEIRO, M. C.; SETZ, E. Z. 2017. Landscape use and co-occurrence patterns of neotropical spotted cats. *Plos one* 12: e0168441.
- NAGY-REIS, M. B.; SETZ, E. Z. F. 2016. Foraging strategies of black-fronted titi monkeys (*Callicebus nigrifrons*) in relation to food availability in a seasonal tropical forest. *Primates.* 58, 149-158.
- NEGRÕES, N.; REVILLA, E.; FONSECA, C.; SOARES, A. M. V. M.; JÁCOMO, A. T. A.; SILVEIRA, L. 2011. Private forerst reserves can aid in preserving the community of medium and large-sized vertebrates in the Amazon arc of deforestation. *Biodiversity and Conservation.* 20: 505–518.

- NORRIS, D.; ROCHA-MENDES, F.; MARQUES, R.; NOBRE, R. A.; GALETTI, M. 2011. Density and Spatial Distribution of Buffy-tufted-ear Marmosets (*Callithrix aurita*) in a Continuous Atlantic Forest. *International Journal of Primatology*. 32: 811–829.
- NUNEZ-ITURRI, G.; OLSSON, O.; HOWE, H. F. 2008. Hunting reduces recruitment of primate-dispersed trees in Amazonian Peru. *Biological Conservation*. 141: 1536–1546. 2008.
- PAIM, F. P.; CHAPMAN, C. A.; QUEIROZ, H. L.; PAGLIA, A. P. 2017. Does Resource Availability Affect the Diet and Behavior of the Vulnerable Squirrel Monkey, *Saimiri vanzolinii*?. *International Journal of Primatology*. 38: 572–587.
- PAREDES, O. S. L.; NORRIS, D.; OLIVEIRA, T. G.; MICHALSKI, F. 2017. Water availability not fruitfall modulates the dry season distribution of frugivorous terrestrial vertebrates in a lowland Amazon forest. *PLoS One*. 12:e0174049.
- PERES, C. A. 1999. General guidelines for standardizing line transect surveys of tropical forest primates. *Neotrop Primates*. 7: 11–16.
- PERES, C. A.; CUNHA, A. A. 2011. Manual para censo e monitoramento de vertebrados de médio e grande porte por transecção linear em florestas tropicais. GFA, GIZ, Cooperação Brasil-Alemanha, Darwin Initiative, Wildlife Conservation Society and University of East Anglia.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. 2001. *Biologia da Conservação*. Londrina: Editora Planta.
- R Development Core Team (2017). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- RAUPP, S. V., AND R. CINTRA. 2011. Influence of a topographic gradient on the occurrence, abundance and composition of nine species of palms (Arecaceae) in the Central Amazon. *Neotrop. Biol. Conserv.* 6: 124–130.
- REYNA-HURTADO, R.; TEICHROEB, J. A.; BONNELL, T. R.; HERNÁNDEZ-SARABIA, R. U.; VICKERS, S. M.; SERIO-SILVA, J. C.; SICOTTE, P. S.; CHAPMAN, C. A. 2018. Primates adjust movement strategies due to changing food availability. *Behavioral Ecology*. 29: 368–376.

RIBEIRO, J. E. L. S.; HOPKINS, M. J. G.; VINCENTINI, A.; SOTHERS, C. A.; COSTA, M. A. S.; BRITO, J. M.; SOUZA, M. A. D.; MARTINS, L. H. P.; LOHMANN, L. G.; ASSUNÇÃO, P. A. C. L.; PEREIRA, E. C.; SILVA, C. F.; MESQUITA, M. R.; PROCÓPIO, L. C. 1999. Flora da Reserva Ducke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. INPA-DFID.

RODRIGUES, L. F.; CINTRA, R.; CASTILHO, C. V.; DE SOUSA PEREIRA, O.; PIMENTEL, T, P. 2014. Influences of forest structure and landscape features on spatial variation in species composition in a palm community in central Amazonia. *J Trop Ecol.* 30: 565–78.

RODRIGUES, L. F.; VIDAL, M. D. 2011. Densidade e Tamanho Populacional de Primatas em uma Área de Terra Firme na Amazônia Central. *Neotropical Primates* 18.

RÖHE, F. 2006. Área de contato entre as distribuições geográficas de *Saguinus midas* e *Saguinus bicolor* (Callitrichidae-Primates): a importância de interações e fatores ecológicos. MSc Dissertation, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

ROJAS-AHUMADA, D. P.; LANDEIRO, V. L.; MENIN, M. 2012. Role of environmental and spatial processes in structuring anuran communities across a tropical rain forest. *Austral Ecology.* 37: 865–73.

SCHLEUNING, M.; BLUETHGEN, N.; FLOERCHINGER, M.; BRAUN, J.; SCHAEFER, H. M.; BOEHNING-GAESE, K. 2011. Specialization and interaction strength in a tropical plant-frugivore network differ among forest strata. *Ecology.* 92: 26-36.

SILVIUS, K. M.; FRAGOSO, J. M. 2003. Red-rumped Agouti (*Dasyprocta leporina*) Home Range Use in an Amazonian Forest: Implications for the Aggregated Distribution of Forest Trees. *Biotropica* 35: 74-83.

SMYTHE, N. 1986. Competition and resource partitioning in the guild of neotropical terrestrial frugivorous mammals. *Annual Review of Ecology and Systematics.* 17: 169-88.

SPIRONELLO, W. R., Importância de frutos de palmeiras na dieta de um grupo de *Cebus apella* na Amazônia Central. *A Primatologia no Brasil* 3: 285-296. 1991

- SPIRONELLO, W. R. The Brown Capuchin Monkey (*Cebus apella*): ecology and Home Range Requirements in Central Amazonia. 2001. In LAURENCE, W.; BIERREGAAD, R. (Ed.). Lessons from Amazonia: The ecology and conservation of a fragmented forest, pp 271. Sheridan Books. Michigan, USA.
- STEVENSON, P. R. 2001. The relationship between fruit production and primate abundance in neotropical communities. *Biological Journal of the Linnean Society*. 72: 161-178.
- STEVENSON, P. R. 2011. The Abundance of Large Ateline Monkeys is Positively Associated with the Diversity of Plants Regenerating in Neotropical Forests. *Biotropica*. 43: 512–519.
- TAVARES, A. S.; MORCATTY, T. Q.; ZUANON, J.; MAGNUSSON, W. E. 2019. Influence of body size, topography, food availability and tree-fall gaps on space use by yellow-footed tortoises (*Chelonoidis denticulatus*) in Central Amazonia. *PLoS ONE*, 14: e0211869.
- TERBORGH, J. W. 1986. Community aspects of frugivory in tropical forests. *Tasks Veg. Sci.* 15, 371–384.
- TOPODATA <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>
- VAN SCHAIK, C. P.; TERBORGH, J. W.; WRIGHT, S. J. 1993. The phenology of tropical forest: Adaptive Significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24: 353-377.
- VASCONCELOS, H. L.; MACEDO, A. C. C.; VILHENA, J. 2003. Influence of Topography on the Distribution of Ground-Dwelling Ants in an Amazonian Forest. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 38: 115–24.

CONCLUSÃO

O uso de habitat das espécies respondeu ao gradiente topográfico, e diferiu entre as estações. Na estação chuvosa, *Saguinus bicolor* selecionou áreas com maior declividade, enquanto o *Sapajus apella* e *Chiropotes sagulatus* apresentaram distribuição homogênea. Já na estação seca, a distribuição do *Saguinus bicolor* foi homogênea, enquanto *Sapajus apella* e *Chiropotes sagulatus* segregaram o uso de habitat, ao selecionarem áreas de baixio e platôs, respectivamente.