Universidade Federal da Grande Dourados Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade

Luana Leichtweis Vieira

# DIVERSIDADE DE ARANHAS EM GRADIENTES DA ESTRUTURA DO HABITAT E DA PAISAGEM EM REMANESCENTES FLORESTAIS

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de MESTRE EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Área de Concentração: Biodiversidade e Conservação

3...

Orientador: Josué Raizer

Co-orientadora: Nayara Carvalho

Dourados-MS

Julho 2018

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

V657d Vieira, Luana Leichtweis

DIVERSIDADE DE ARANHAS EM GRADIENTES DA ESTRUTURA DO HABITAT E DA PAISAGEM EM REMANESCENTES FLORESTAIS / Luana Leichtweis Vieira -- Dourados: UFGD, 2018.

43f.: il.; 30 cm.

Orientador: Josué Raizer

Co-orientador: Nayara Carvalho

Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) - Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados.

Inclui bibliografia

1. Araneae. 2. Estrutura da paisagem. 3. Fragmentação ambiental. 4. Heterogeneidade de habitat. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

## "DIVERSIDADE DE ARANHAS EM GRADIENTES DA ESTRUTURA DO HABITAT E DA PAISAGEM EM REMANESCENTES FLORESTAIS".

Por

#### **LUANA LEICHTWEIS VIEIRA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de MESTRE EM ENTOMLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE Área de Concentração: Biodiversidade e Conservação

Dr. Josué Raizer

Orientador/Presidente - UFGD

Dr. Wedson Desidero Fernandes

Membro titular - UFGD

Dr. Yzel Rondon Súarez Membro titular - UEMS

## Biografia do Acadêmico

Luana Leichtweis Vieira, nascida em 22 de junho de 1993 na cidade de Amambai, Mato Grosso do Sul, filha de Dirceu de Oliveira Vieira e Vera Lucia Leichtweis. Todo o ensino básico foi em Amambai. Os primeiros anos do ensino fundamental foram na Escola Estadual Dr. Fernando Correa da Costa (2000-2005). A partir da 7ª série estudou na Escola de Ensino Fundamental e Médio da FIAMA (2006-2009) e o último ano (2010) no Colégio CELQ. Em 2011 iniciou o curso de Ciências Biológicas (Licenciatura) na Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul em Dourados-MS, mas no ano seguinte mudou para Ciências Biológicas (Bacharelado) na Universidade Federal da Grande Dourados, onde se formou no meio do ano de 2016, mesmo ano que iniciou o mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade. Durante esse curso teve o prazer de compor a equipe do Laboratório de Ecologia Teórica sob orientação do prof. Josué Raizer, onde desenvolve pesquisas relacionadas à ecologia e diversidade de aranhas.

## Agradecimentos

Agradeço à minha mãe Vera e aos meus irmãos Douglas e Joceliane por sempre respeitarem minhas decisões, acreditarem em meus sonhos e apoiarem meus planos. Sem esse apoio emocional e financeiro, hoje não estaria concluindo mais essa etapa em minha vida.

As instituições UFGD através do Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade pela oportunidade de participar do programa e ao CNPQ pela concessão da bolsa.

Ao meu orientador Josué Raizer por todo apoio logístico para desenvolvimento da pesquisa, confiança e credibilidade depositados em mim e paciência comigo durante esses dois anos de convívio e trabalho.

À minha co-orientadora Nayara Carvalho, por ter sido grande parceira de campo e amiga. Com sua colaboração essa pesquisa foi mais tranquila e divertida.

Aos professores Wedson Desidério Fernandes e Yzel Rondon Suarez por aceitarem compor a banca de defesa e contribuir imensamente com o trabalho.

Ao meu querido companheiro Omar, por ter sido parceiro em todos os momentos, principalmente os difíceis, durante a construção desse trabalho, desde ajuda nas coletas até o empréstimo do computador para termino da redação da dissertação.

A todos os alunos de graduação e amigos que colaboraram nas coletas, trabalho em laboratório, apoio científico e emocional, os quais não nomearei para não cometer o descuido de esquecer alguém.

Aos proprietários de fazendas e áreas florestadas, que autorizaram as coletas: Balneário Municipal de Caarapó (Caarapó, MS), Clube União (Caarapó, MS), Fazenda do Sr. Joel (Dourados, MS), Ecossystem (Dourados, MS), Fazenda Coqueiro (Dourados, MS), Dânia e "Meu Bem" (Douradina-MS) e Polícia Militar Ambiental (Amambai-MS).

Ao professor Antonio Brescovit por ter me recebido no Laboratório de Coleções Zoológicas (LECZ) do Instituto Butantan e identificado as aranhas para minha dissertação.

Ao Paulo Goldoni, técnico do LECZ, pela dedicação em me ensinar a identificar as aranhas e ter compartilhado um pouco de seu conhecimento comigo.

Ao Vitor, secretário do PPGECB, que nunca mediu esforços para ajudar no que fosse preciso.

# Dedicatória

Dedico esta dissertação aos que acreditaram que seria possível.

# DIVERSIDADE DE ARANHAS EM GRADIENTES DA ESTRUTURA DO HABITAT E DA PAISAGEM EM REMANESCENTES FLORESTAIS

Resumo Geral/ Palavra-chave	8
Abstract/ Keywords	8
Introdução	9
Revisão Bibliográfica	9
Objetivos	12
Objetivo Geral	12
Objetivos Específicos	12
Hipóteses	13
Materiais e Métodos	14
Local do estudo	14
Métodos de coleta	14
Caracterização da paisagem	16
Estrutura da vegetação	16
Análise dos dados	17
Resultados	18
Discussão	30
Conclusão	32
Referências	33

#### Resumo Geral

Nesta dissertação, vamos mostrar que a comunidade de aranhas responde mais fortemente a variações locais do que regionais nessa paisagem dominada por atividade agrária. Para isso amostramos aranhas com dois métodos distintos e complementares no interior de oito fragmentos florestais. Coletas com guarda-chuva entomológico foram realizadas durante as manhãs para captura de aranhas na folhagem arbustiva arbórea (um componente do habitat florestal) e, busca ativa noturna para captura de aranhas em todos os substratos florestais do chão até cerca de dois metros de altura. As diferenças entre os padrões recuperados na estrutura da comunidade entre esses métodos sugerem que a maior diversidade de aranhas em habitat mais heterogêneos deve-se mais ao efeito do tamanho do habitat (mais habitat, mais indivíduos, mais espécies) do que a heterogeneidade de nicho (habitat mais diverso, maior diversidade de condições e recursos, mais espécies).

Palavras-chave: Araneae, estrutura da paisagem, fragmentação ambiental, heterogeneidade de habitat.

#### Abstract

In this dissertation, we will show that the spider community responds more strongly to local than regional variations in this landscape dominated by agrarian activity. For this we sample spiders with two distinct and complementary methods within eight forest fragments. Foliage beating were carried out during the mornings for the capture of spiders in the arboreal foliage (a component of the forest habitat) and active nocturnal search for the capture of spiders on all forest substrates from the ground up to about two meters high. The difference between these methods, on patterns of the community structure, suggest greater spider diversity in heterogeneous habitats because to the effect of habitat size (more habitat, more individuals, more species) rather than niche heterogeneity (more diverse habitat, greater diversity of conditions and resources, more species).

Keywords: Araneae, landscape structure, environmental fragmentation, habitat heterogeneity.

## Introdução

É notório que a conversão de áreas florestais em pastagens e campos agrícolas tem causado perda de biodiversidade em escala global. Esse processo tem gerado ambientes altamente fragmentados, com diferentes mosaicos de tamanhos e conexões de remanescentes florestais. Esses remanescentes são frequentemente alvo de ações, tal como a retirada seletiva de madeira, que a princípio causam a abertura do dossel, iniciando um processo de sucessão ecológica, com alteração do microclima (aumento da incidência luminosa e de ventos, da temperatura e diminuição da umidade relativa do ar), já que ocorre uma drástica mudança na estrutura da vegetação (de Lima et al. 2013).

A fragmentação florestal torna a dinâmica das comunidades biológicas diferente daquela prevista para sistemas naturais contínuos (Didham, Kapos, and Ewers 2012a). Nesse processo a comunidade de aranhas é diretamente afetada, pois aranhas utilizam a vegetação como recurso para diversas atividades essenciais à sua sobrevivência, tais como a construção de teias e abrigos (Oliveira-Alves et al. 2005; Dias, Brescovit, and Menezes 2005).

Dentre a enorme diversidade de artrópodes, aranhas constituem um dos grupos mais abundantes e, a exemplo de artrópodes de solo de florestas, estão envolvidas em processos essenciais no ecossistema, tais como as transferências de energia nas cadeias alimentares, pois são predadores essencialmente polífagos (Foelix 2011). Aranhas são altamente dependentes de arranjos específicos da vegetação, em especial, para fixação de suas teias, mas também para construção de abrigos, depósito de ovos, acasalamento e ecdise (Foelix 2011). Em função dessa dependência, as aranhas são organismos modelo para o estudo das relações entre diversidade de espécies e estrutura do habitat, pois independentemente do habitat a complexidade estrutural da vegetação tem efeitos significativos na diversidade e abundância de aranhas (Raizer and Amaral 2001; de Souza and Martins 2005).

## Revisão Bibliográfica

Biogeograficamente, Mato Grosso do Sul situa-se na porção central da grande diagonal de formações abertas da América do Sul (i.e. diagonal seca, Vanzolini 1963), englobando fitofisionomias características do Pantanal, Cerrado, Chaco e Mata Atlântica, assim como brejos, matas estacionais e veredas (Prado and Gibbs 1993; Spichiger, Calenge, and Bise 2004; Morrone 2006). Essas fitofisionomias formam um mosaico de

ecossistemas, muitas vezes integrados, distribuídos ao longo de um vasto território, proporcionando um imenso campo para estudos de ambientes naturais (Uetanabaro et al. 2007). Entretanto, nas últimas décadas, o Mato Grosso do Sul têm sofrido intensa descaracterização ambiental devido à ação antrópica, principalmente causada por atividades agropastoris (Uetanabaro et al. 2007).

Mata Atlântica e Cerrado tem reconhecimento mundial como importantes hotspots, por abrigarem grande diversidade de espécies endêmicas, assim como potencialmente vulneráveis graças a degradação dos ambientes naturais (Mittermeier et al. 2005; Myers et al. 2000; Strassburg et al. 2017). O Cerrado representa cerca de 23% do território nacional, sendo o segundo maior domínio morfoclimático brasileiro (IBGE 2004; Klink and Machado 2005; Coutinho 2006). Mesmo o solo do Cerrado sendo pobre, com baixo potencial de fertilidade e auto nível de acidez (Espírito Santo 2001), cerca de metade de sua área original (2 x 10<sup>6</sup> km<sup>2</sup>) foi convertida principalmente em pastagens plantadas e monoculturas. Isso ocorreu graças às inovações tecnológicas que possibilitaram alta produtividade com correção do solo, associado ao relevo plano que facilita a mecanização e assim colabora com a produção em massa (Klink and Machado 2005). Além disso, suas formações florestais também foram fortemente afetadas por outras atividades antrópicas, tais como mineração de calcário e exploração madeireira (Miles et al. 2006; Silva et al. 2006). A Mata Atlântica, em especial, encontra-se altamente fragmentada e com baixa diversidade de habitats, pois vem sofrendo muitas interferências antrópicas, estando entre os biomas mais ameaçados do mundo, principalmente em decorrência do desmatamento (Ribeiro et al. 2009; Tabarelli et al. 2010).

A fragmentação do ambiente é um fenômeno em nível de paisagem, pelo qual organismos de diferentes espécies são impactados, independentemente do tamanho da perda de habitat, pois o resultado desse processo são fragmentos reduzidos e com novas fronteiras ecológicas (Didham, Kapos, and Ewers 2012a). A perda de habitat é o efeito mais imediato da fragmentação, causando impactos importantes e variáveis na biodiversidade local, tendo em vista as diferentes estratégias de história de vida de cada espécie (Ewers and Didham 2006).

Depois que Preston (1962) fez analogia entre fragmentos de habitat e ilhas, muitas pesquisas surgiram na perspectiva da fragmentação de habitat, trazendo resultados que sintetizam as subdisciplinas da teoria da biogeografia de ilhas, ou vão além, tentando entender a qualidade do habitat e o padrão espacial da paisagem (Didham, Kapos, and Ewers 2012a). Além disso, precisamos considerar que a fragmentação antropogênica é

um fenômeno recente no tempo evolutivo, por isso ainda são desconhecidas suas consequências a longo prazo (Ewers and Didham 2006). Mas é certo que o processo de degradação ambiental dos ecossistemas brasileiros, assim como a fragmentação de habitats em escala global causada pela ação humana, acarreta perdas imensuráveis e irreversíveis ao meio ambiente e à diversidade biológica (Wilson et al. 1988).

Paisagens agrícolas podem fornecer recursos importantes (e.g. água) para a manutenção das populações de várias espécies e muitas vezes não são completamente hostis para uma grande variedade de organismos (Tscharntke et al. 2012; Jiménez-Valverde and Lobo 2007). Nessas paisagens a diversidade e distribuição das espécies depende dos arranjos espaciais e da conectividade com ambientes seminaturais (Tscharntke et al. 2012; Fahrig et al. 2011). Paisagens com grande variedade de cobertura vegetal, em geral, tendem a ter maior diversidade de espécies do que paisagens mais simples (Schmidt et al. 2008; Tscharntke et al. 2012). A conectividade de paisagens seminaturais também tem relação positiva com a diversidade de espécies, pois quanto mais variada a composição da vegetação e maior a diversidade dos habitats, maior a diversidade e mais complexa a estrutura das comunidades de muitos artrópodes (Liu et al. 2014; Schaffers et al. 2008).

Aranhas (Araneae) são o segundo grupo mais diverso entre os Arachnida, com mais de 47 mil espécies descritas em 116 famílias (NMBE - World Spider Catalog, 2018). Elas dominam quase todos os ambientes terrestres, com exceção da Antártida (Foelix 2011). O que lhes possibilita essa dominância é o fato de possuírem uma enorme variedade de comportamentos e adaptações morfológicas, fisiológicas e ecológicas (Turnbull 1973; Wise 1995; Foelix 2011).

Em geral esses artrópodes são predadores vorazes generalistas com papel essencial na transferência de energia, ocupando o topo da cadeia alimentar de invertebrados. Além dos efeitos diretos das perturbações ambientais sobre esses predadores de topo, suas redes de interações tróficas sofrem efeitos de baixo para cima ("bottom-up") como consequência dessas perturbações na base das cadeias tróficas (Peterson, Obrycki, and Harwood 2016; Lin, Vasseur, and You 2016; Dennis et al. 2015). Quando comparados a predadores mais restritos, predadores generalistas exercem um controle mais eficaz de cima para baixo ("up-down") em uma faixa mais ampla de presas (Hooper, Chapin III, and Ewel 2005; Schuldt et al. 2014).

Além disso, aranhas são oportunistas e tem relação direta com a vegetação, utilizando suas estruturas na construção de abrigos para sua proteção e da prole, para

forrageamento na folhagem, assim como em troncos e raízes, ou na construção de armadilhas para captura de alimento (Dennis et al. 2015; Bizuet-Flores et al. 2015). Algumas aranhas usam suas formas e cores para emboscar presas e escapar de inimigos, camuflando-se em flores e folhagens onde podem passar despercebidas (Jiménez-Valverde and Lobo 2007; Foelix 2011). A vegetação também tem papel na manutenção do microclima que é de suma importância para as aranhas, pois as mesmas são muito sensíveis a alterações ambientais como, por exemplo, a variação de umidade (Jiménez-Valverde and Lobo 2007; Barton et al. 2017; Bizuet-Flores et al. 2015; Malumbres-Olarte et al. 2013).

A heterogeneidade na composição e estrutura da vegetação é uma característica das paisagens e fator relevante para organização das comunidades animais (Tews et al. 2004; Atauri and De Lucio 2001). Ambientes heterogêneos são mais complexos e possuem mais nichos, por isso, também possuem uma maior riqueza de espécies (Tews et al. 2004). Para a araneofauna a estrutura da vegetação está relacionada com o provimento de presas, sendo maior a disponibilidade de presas em um ambiente com maior diversidade vegetal (Becerra 2015; Axmacher et al. 2009; Barton et al. 2017; Malumbres-Olarte et al. 2013). Por isso a estrutura do habitat, principalmente a complexidade da vegetação, é um fator determinante para a presença, composição, riqueza e abundância das espécies (Borges and Brown 2001; Downie et al. 2000; Wise 1995).

## **Objetivos**

## Objetivo geral

 Avaliar se a estrutura do habitat e da paisagem explica a diversidade de aranhas em remanescentes de mata de uma paisagem fortemente modificada para produção agrícola.

## Objetivos específicos

- Determinar se a comunidade de aranhas está estruturada espacialmente.
- Avaliar se os componentes da diversidade de aranhas (α e β) revelam a homogeneidade esperada na estrutura da comunidade em ambientes simplificados pela fragmentação florestal em paisagem de agricultura intensiva.

- Determinar se a diversidade local de espécies (α) de aranhas responde positivamente à diversidade estrutural do habitat e qual fator é determinante, heterogeneidade de nicho ou o próprio tamanho do habitat.
- Avaliar se a variação em composição de espécies (diversidade β) de aranhas responde a variação na estrutura do habitat e da paisagem em escala local e regional.

## Hipóteses

- 1. A organização das comunidades de aranhas depende da estrutura local do habitat e da composição da paisagem em escala local e regional.
- 2. A maior porção da diversidade de aranhas é local (diversidade  $\alpha > \beta$ ), pois em ambientes estruturalmente simplificados e distribuídos em manchas a variação entre seus componentes (por exemplo, composição vegetal) é insignificante.
- 3. Habitat mais heterogêneo estruturalmente tem mais espécies de aranhas, pois eles têm maior diversidade de condições e recursos (heterogeneidade de nicho). Além disso, habitats maiores comportam mais indivíduos e, portanto, mais espécies (relação espécie-área).
- A comunidade de aranhas está estruturada espacialmente em função do isolamento dos remanescentes florestais causado pelo processo de fragmentação.
- 5. A variação na composição de espécies de aranhas (diversidade β) responde a variação nos componentes da paisagem, pois eles determinam o grau de isolamento dos remanescentes florestais. Quanto maior a proporção de florestas na paisagem menor será o isolamento desses remanescentes e maior a dinâmica de migração entre eles, estabelecendo-se comunidades estruturalmente mais complexas.
- 6. Ambientes com maior densidade de vegetação possuem maior diversidade e riqueza de aranhas, pois são mais complexos.

## Materiais e Métodos

Local de estudo

O estudo foi realizado em quatro municípios do Mato Grosso do Sul: Amambai, Caarapó, Douradina e Dourados (Fig. 1). Caracterizada pelo clima tropical de altitude, a região apresenta vegetação constituída por remanescentes de Floresta Tropical e Cerrado, mas a paisagem é composta em sua maior parte por campos agrícolas e pastagens plantadas. Os locais de amostragem foram distribuídos em oito fragmentos florestais, sendo um em Amambai, dois em Caarapó, um em Douradina e quatro em Dourados.

#### Métodos de coleta

Utilizamos dois métodos para coleta de aranhas: guarda-chuva entomológico e busca ativa noturna. O guarda-chuva entomológico é uma estrutura composta por um pano branco (75 cm x 75 cm) sustentado por duas hastes de bambu (1 m de comprimento cada) em cruz colocada sob a folhagem de galhos de arbustos e árvores. Esses galhos foram vigorosamente batidos a fim de provocar a queda dos artrópodes sobre o pano para que fossem capturados com auxílio de pinças e potes. Cada amostra com guarda-chuva entomológico foi composta pelas aranhas coletadas em 20 galhos diferentes dentro de uma área delimitada de 100 m² (10 m x 10 m). Já uma amostra com busca ativa noturna foi composta por aranhas capturadas numa parcela de 300 m² (30 m x 10 m) por dois coletores que vasculharam todos os substratos até cerca de 2 m de altura numa caminhada de ida e volta ao longo da parcela, pelo período máximo de uma hora. Em ambos os métodos, as amostras foram mantidas em frascos com solução de álcool etílico a 80% para posterior triagem de jovens e adultos e identificação taxonômica no Laboratório de Coleções Zoológicas do Instituto Butantan. Os animais foram coletados sob a licença número 55814 do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

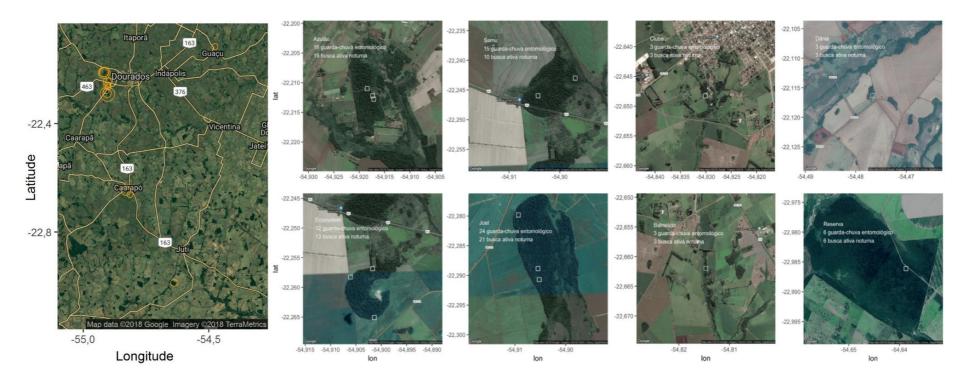


Figura 1. Imagem maior à esquerda: Distribuição do número de espécies (entre seis e 46) em 39 observações de 15 locais na transição do Cerrado com Floresta Atlântica. O tamanho dos pontos é proporcional ao número médio de espécies de aranhas capturadas em guarda-chuva entomológico e busca ativa noturna. Imagens menores: Seções de  $0.025^{\circ}$  x  $0.025^{\circ}$  de imagens de satélite mostrando em detalhe os oito fragmentos florestais em que essas aranhas foram capturadas. Os quadrados brancos marcados sobre as áreas dos fragmentos florestais indicam a posição aproximada dos 15 locais de amostragem em que medimos a cobertura da folhagem no dossel e sub-bosque em parcelas de 10 m x 10 m (ao menos três parcelas nas proximidades de cada local).

Caracterização da paisagem

Utilizamos as imagens do sensor Landsat 8 do catálogo de imagens do Instituto

Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) que cobrem a área de estudo. Para cada ponto

amostrado utilizamos as cenas de mais ou menos 3 meses da data de amostragens de

campo, para que assim pudéssemos usar a melhor imagem disponível (sem a cobertura

de nuvens). Realizamos o empilhamento das bandas de 2 a 7 e montamos buffers de 5 km

de raio e de 35 km de raio para analisar a dinâmica da paisagem pelo Índice de Vegetação

por Diferença Normalizada (NDVI), que é calculado conforme Rouse et al. (1974):

NDVI = (B5-B4)/(B5+B4)

Onde:

*NDVI*: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

B4: Reflectância da vegetação na banda do vermelho

B5: Reflectância da vegetação na banda do infravermelho próximo

A partir do cálculo do NDVI classificamos a paisagem em áreas com cobertura de

água, solo exposto, área de cultivo e área florestada. Essas classes foram utilizadas para

as escalas de 5 km (escala local) e 35 km (escala regional) de raio, sendo o centro da

circunferência o ponto central das parcelas de 10 m<sup>2</sup> utilizadas para a coleta de aranhas

com guarda-chuva entomológico e para tomada de medidas da estrutura da vegetação

(detalhes no próximo item). Para caracterizar a paisagem por fragmento, consideramos as

médias das áreas de cobertura de cada componente (água, solo, cultivo ou floresta). Todas

as imagens foram analisadas no programa QGIS, versão 2.18.9, Las Palmas.

Estrutura da vegetação

Para estimar a estrutura da vegetação nos pontos de coleta foram obtidas cinco

fotografias do dossel e duas do estrato arbustivo em cada parcela de 10 m x 10 m utilizada

para coleta com guarda-chuva entomológico. A partir dessas fotos foi medida a área de

cobertura da folhagem sensu lato, uma vez que inclui além de folhas, por exemplo,

galhos, flores e frutos. Para padronizar as medidas de cobertura da folhagem no estrato

arbustivo, um pano branco de 9 m² (3 m x 3m) foi estendido verticalmente na lateral da

16

parcela para a tomada de uma das fotos da folhagem com esse pano ao fundo totalmente enquadrado. O contraste da vegetação com o pano permitiu a estimativa da proporção de cobertura da folhagem.

As fotos foram padronizadas em tamanho (polegadas/pixel) e através do contraste entre preto e branco foi possível calcular a porcentagem de área aberta (branco) e fechada (preto) na vegetação. As imagens foram tratadas pelos programas de domínio público Paint.Net v4.0.21 e ImageJ (Abràmoff, Magalhães, and Ram 2004) para obter as porcentagens de cobertura da folhagem.

#### Análise dos dados

Usamos as proporções de área coberta com floresta, água, cultivo ou solo exposto para ordenar as amostras por análise de componentes principais (PCA) pelas correlações entre cada componente da paisagem em escala local e regional. Usamos os dois primeiros eixos da PCA como gradientes de variação na paisagem considerando-se cada local de amostragem.

Avaliamos a partição de diversidade na comunidade de aranhas pelo índice de entropia de Rao (Rao 1982) em diversidade alfa (dentro dos pontos amostrais), beta (entre pontos amostrais) e gama (total). Obtivemos esses valores com as funções RaoRel e RaoAdo (De Bello et al. 2011) para o software R (R Core Team 2018).

Estimamos a riqueza de espécies em curvas de acumulação por rarefação do número de espécies. Avaliamos essas curvas pelos intervalos de confiança de 95% das médias gerados em 1000 permutações com a função specaccum do pacote vegan em R (Oksanen et al. 2018).

Para avaliar a estruturação espacial da comunidade de aranhas, usamos mapas de autovetores de Moran baseados em distância (dbMEM). Usamos a função quickMEM (Borcard, Gillet, and Legen 2011) para detectar essa estruturação. Como nessa análise não detectamos qualquer estrutura espacial na comunidade de aranhas (p > 0,1), não incluímos os autovetores nos demais testes de hipóteses.

Para as análises da composição de espécies, consideramos a abundância relativa de aranhas adultas para calcular as distâncias Bray-Curtis entre pares de amostras. Com essas distâncias ordenamos as respectivas amostras por análise nãométrica de escalas multidimensionais (NMDS).

Usamos regressão multivariada (estatística Pillai) para testar a hipótese de que a comunidade responde as variações na paisagem. Nesse modelo as variáveis

resposta (espécies de aranhas) foram reduzidas para duas dimensões NMDS. Os preditores foram os dois primeiros eixos PCA em escala local e os dois primeiros eixos PCA em escala regional (gradientes de paisagem).

Considerando-se os remanescentes florestais como unidades amostrais, executamos uma análise de redundância parcial baseada em distância (dbRDA) para avaliar os efeitos das variáveis ambientais: área (km²), cobertura da folhagem (dossel e sub-bosque) e paisagem. Neste caso, usamos distâncias Bray-Curtis das abundâncias relativas e a função capscale do pacote vegan (Oksanen et al. 2018).

Toda análise foi feita em ambiente de programação R (R Core Team 2018). O banco de dados e os procedimentos detalhados para análise dos dados estão disponíveis como material suplementar em github.com/Theoretical-Ecology-Lab/Master-Dissertation-Luana-Leichtweis-Vieira.git.

## Resultados

Obtivemos um total de 3775 aranhas adultas de 156 espécies em 160 amostras entre novembro de 2016 e setembro de 2017, sendo 82 amostras com guarda-chuva entomológico e 78 em busca ativa noturna. Em amostras com guarda-chuva entomológico foram 994 aranhas adultas e 95 espécies (61% do total de espécies). Para busca ativa noturna foram 2781 aranhas adultas e 119 espécies (76%).

A distribuição de frequência das aranhas nas amostras assumiu uma forma truncada a esquerda, com mais da metade das amostras com menos de 20 aranhas adultas, mas esse padrão não se repetiu quanto ao número de espécies, cuja distribuição foi mais simétrica ao redor de oito espécies (Fig. 2). Consequentemente, mesmo em amostras pequenas geralmente registramos várias espécies. Quando avaliamos essas distribuições por método de coleta, percebemos que esse padrão foi determinado pelas amostras com guarda-chuva entomológico, que geralmente registraram menos indivíduos e espécies do que amostras com busca ativa noturna. Em busca ativa noturna as distribuições são mais simétricas, com mais aranhas em média por amostra.

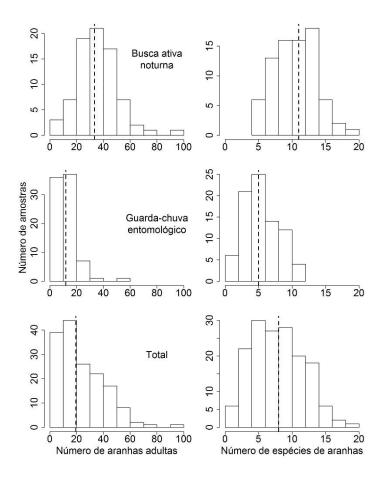


Figura 2. Distribuição de frequências do número de aranhas adultas e do número de espécies de aranhas em amostras com busca ativa noturna e guarda-chuva entomológico. A linha pontilhada indica a mediana das respectivas distribuições.

Entretanto, quando avaliamos as curvas de acumulação de espécies, o padrão de amostras menores com guarda-chuva entomológico revela uma maior riqueza de espécies (Fig. 3). Mesmo que em busca ativa noturna tenhamos amostrado ao todo mais aranhas e mais espécies, comparando-se amostras com o mesmo tamanho amostral, em guarda-chuva entomológico registramos geralmente mais espécies.

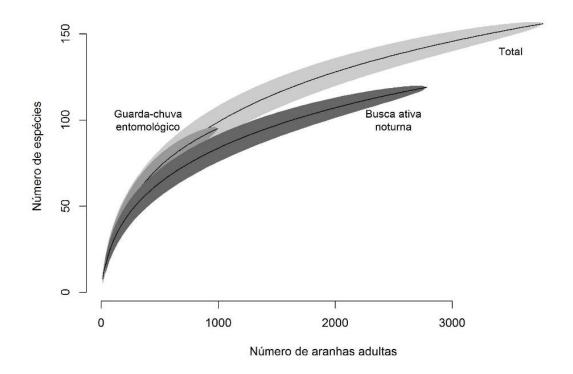


Figura 3. Curvas de acumulação de espécies de aranhas em amostra com guarda-chuva entomológico (994 indivíduos em 95 espécies) e busca ativa noturna (2781 em 119 espécies). Ao todo foram 3775 aranhas de 156 espécies (total). As áreas em cinza indicam o intervalo de confiança de 95% para o número médio de espécies estimado por rarefação (1000 permutações).

Tanto a distribuição de frequência de ocorrência, quanto de abundância das espécies revelaram um padrão com dominância de duas espécies: *Miagrammopes rubripes* e *Uloborus penicillatus* (Uloboridae). Em ambos métodos de coleta *M. rubripes* foi mais frequente e *U. penicillatus* mais abundante (Fig. 4). Percebe-se que em busca ativa noturna registramos mais espécies com maior frequência de ocorrência (> 20 amostras) que em coletas com guarda-chuva entomológico, mesmo que tenham sido realizadas menos amostras de busca ativa noturna. Isso se deve aos vários tipos de substratos amostrados por esse método (*e.g.*, folhagem, solo, embaixo de troncos, nas cascas das árvores), o que aumenta a possibilidade de encontrar aranhas diferentes. Enquanto que com guarda-chuva entomológico apenas a folhagem do estrato arbustivo é explorada, limitando os substratos de busca e assim o número de aranhas. Quando comparamos os métodos de coleta para a abundância das espécies de aranhas, ou seja,

quantos indivíduos de cada espécie foram amostrados, com guarda-chuva entomológico a distribuição é mais uniforme apesar do menor número de aranhas.

Fica claro que existem diferentes respostas para cada tipo de método de coleta, o que se deve a motivos relacionados às particularidades de cada método. Além das diferenças óbvias entre os turnos de coleta, amostras com guarda-chuva entomológico foram obtidas de manhã, em busca ativa noturna amostramos todos os substratos do chão até cerca de 2 m de altura no estrato arbustivo. Mesmo que os dois métodos de coleta amostrem o estrato arbustivo e tenham algumas espécies em comum, quando olhamos os métodos relacionados com as espécies mais características, fica clara a diferença que existe entre os dois. A ordenação das amostras agrupadas por dia e local de coleta, por análise multidimensional de escalas não-métricas (NMDS) recuperou esse padrão de diferença em composição de espécies entre os métodos de captura das aranhas (Fig. 5).

Considerando-se essas diferenças na estrutura da comunidade recuperada por cada um dos métodos, analisamos separadamente a relação dos componentes da paisagem com a composição de espécies de aranhas. Amostras foram obtidas por guarda-chuva entomológico em 11 locais e por busca ativa noturna em 15 nos oito fragmentos amostrados.

A maior parte da variação em diversidade de espécies se deu localmente. Tanto em amostras obtidas com guarda-chuva entomológico, quanto com busca ativa noturna a diversidade alfa foi maior que 92% da diversidade total (Tabela 1).

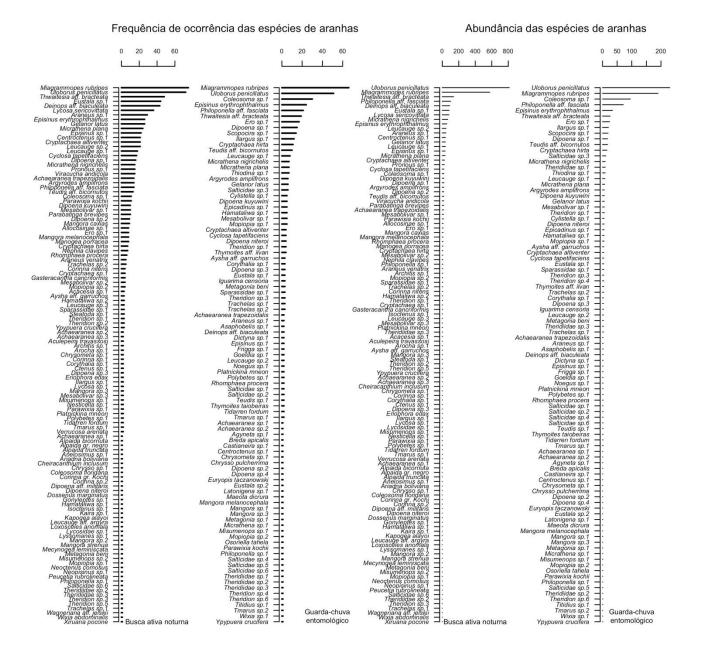


Figura 4. Distribuição de frequências de ocorrências e de abundâncias de espécies de aranhas em remanescentes florestais da transição entre Cerrado e Floresta Atlântica. Essas aranhas foram amostradas com guarda-chuva entomológico (994 aranhas adultas de 95 espécies em 82 amostras) e busca ativa noturna (2781 aranhas adultas de 119 espécies em 78 amostras).

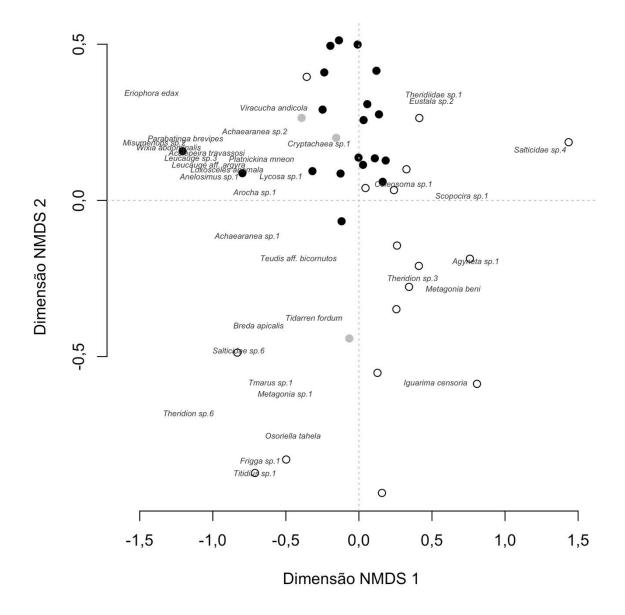


Figura 5. Ordenação das amostras (n = 39) de aranhas por análise não-métrica de escalas multidimensionais (NMDS) a partir de distâncias Bray-Curtis pela abundância relativa. Cada amostra (pontos no gráfico) correspondeu a um ponto de amostragem (n=15 em 8 fragmentos) em uma data (n = 35 entre novembro/2016 e agosto/2017). A posição do nome indica quanto cada espécie contribuiu, em cada dimensão, para a ordenação das amostras. Somente aparecem espécies com as maiores correlações (> 0,4) com o plano da ordenação. Pontos abertos correspondem a amostras obtidas com guarda-chuva entomológico, pontos pretos com busca ativa noturna e pontos cinzas com ambos métodos.

Tabela 1. Partição da diversidade de aranhas amostradas com guarda-chuva entomológico e busca ativa noturna em fragmentos florestais de uma paisagem dominada por atividade agrária na transição do Cerrado com Floresta Atlântica, considerando-se o índice de entropia de Rao (Rao 1982).

Diversidade	Guarda-chuva	Busca ativa
	entomológico (%)	noturna (%)
Interna (alfa)	0,80 (92)	0,80 (95,5)
Entre observações (beta)	0,07 (8)	0,04 (4,5)
Total (gama)	0,87	0,84

Em escala local (5 km ao redor do ponto de amostragem), os dois primeiros eixos da PCA recuperaram 84,5% da variância na matriz de paisagem dos locais amostrados com guarda-chuva entomológico, sendo 52% no primeiro eixo e 32,5% no segundo (Fig. 6). Em escala regional, os dois primeiros eixos da PCA recuperaram 96% da variância na matriz de paisagem, sendo 65,5% no primeiro eixo e 30,5% no segundo. A variação em composição de espécies de aranhas em guarda-chuva entomológico foi recuperada pela ordenação das amostras por NMDS em duas dimensões (> 95% de variância recuperada da matriz de distâncias Bray-Curtis). Esse padrão de variação em composição de espécies (ordenação por NMDS) respondeu a variação na paisagem somente em escala local, sendo significativamente relacionada com o primeiro eixo da PCA nessa escala (regressão múltipla multivariada: gl = 2 e 5; Pillai = 0,83; p = 0,01). Esse eixo da PCA recuperou um gradiente de paisagem diferenciando áreas com mais cultivo e solo exposto daquelas com mais floresta e água (Fig. 6).

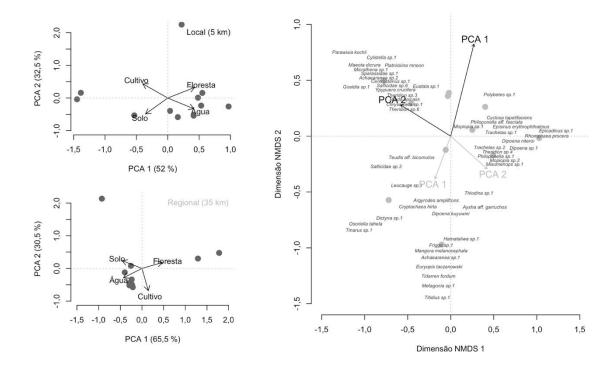


Figura 6. Ordenação dos locais de amostragem com guarda-chuva entomológico. As amostras foram obtidas em 11 locais de oito fragmentos florestais, entre novembro/2016 e setembro/2017. Nos gráficos à esquerda ordenações por análise de componentes principais (PCA) para correlação entre componentes da paisagem (definidos como a proporção da área de cultivo, floresta, água ou solo exposto) em escala local (5 km ao redor do ponto de amostragem) e regional (35 km). Os vetores indicam as correlações desses componentes com os eixos das PCA. À direita ordenação por análise multidimensional de escalas não-métricas (NMDS) para as distâncias Bray-Curtis pelas abundâncias relativas das espécies de aranhas. Os vetores correspondem as correlações dos eixos PCA com a ordenação por NMDS, em preto escala local e em cinza regional.

Em amostras de busca ativa noturna, os dois primeiros eixos da PCA recuperaram 77,5% da variância na matriz de paisagem local, sendo 45% no primeiro eixo e 31,5% no segundo. Em escala regional, os dois primeiros eixos da PCA recuperaram 86,5% da variância na matriz de paisagem, sendo 58% no primeiro eixo e 28,5% no segundo (Fig. 7). A variação em composição de espécies de aranhas em busca ativa noturna foi recuperada pela ordenação das amostras por NMDS em duas dimensões (> 94 % de variância recuperada da matriz de distâncias Bray-Curtis). Esse padrão de variação em composição de espécies (ordenação por NMDS) respondeu a variação na paisagem tanto em escala local, sendo significativamente relacionada aos dois primeiros eixos da PCA nessa escala (PCA 1: gl = 2 e 9; Pillai = 0,66; p < 0,01 e PCA 2: gl = 2 e 9; Pillai = 0,77;

p < 0,01), quanto em escala regional, em que somente o segundo eixo foi significativamente relacionado (gl = 2 e 5; Pillai = 0,54; p = 0,03). A projeção desses eixos no plano da ordenação por NMDS, considerando-se suas correlações com os componentes da paisagem, mais especificamente com a proporção de florestas, revela a importância desse componente na organização das comunidades de aranhas (Fig. 7).

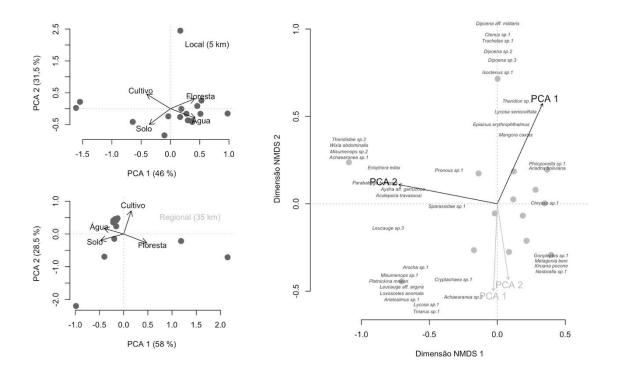


Figura 7. Ordenação dos locais de amostragem com busca ativa noturna. As amostras foram obtidas em 15 locais de oito fragmentos florestais, entre novembro/2016 e setembro/2017. Nos gráficos à esquerda ordenações por análise de componentes principais (PCA) para correlação entre componentes da paisagem (definidos como a proporção da área de cultivo, floresta, água ou solo exposto) em escala local (5 km ao redor do ponto de amostragem) e regional (35 km). Os vetores indicam as correlações desses componentes com os eixos das PCA. À direita ordenação por análise multidimensional de escalas não-métricas (NMDS) para as distâncias Bray-Curtis pelas abundâncias relativas das espécies de aranhas. Os vetores correspondem as correlações dos eixos PCA com a ordenação por NMDS, em preto escala local e em cinza regional.

Quando analisamos as variações considerando os fragmentos florestais como unidade amostral, em escala local (5 km) o que predominou na paisagem foi solo exposto e cultivo com mais de 30% de área de cobertura. Em escala regional (35 km), área de cultivo e água tiveram proporções parecidas com as observadas em escala local e se

mantiveram uniformes quanto à influência no número de espécies (somando-se aranhas em guarda-chuva entomológico e busca ativa noturna). Além disso, à medida que solo exposto diminuiu, área de floresta aumentou (Fig. 8).

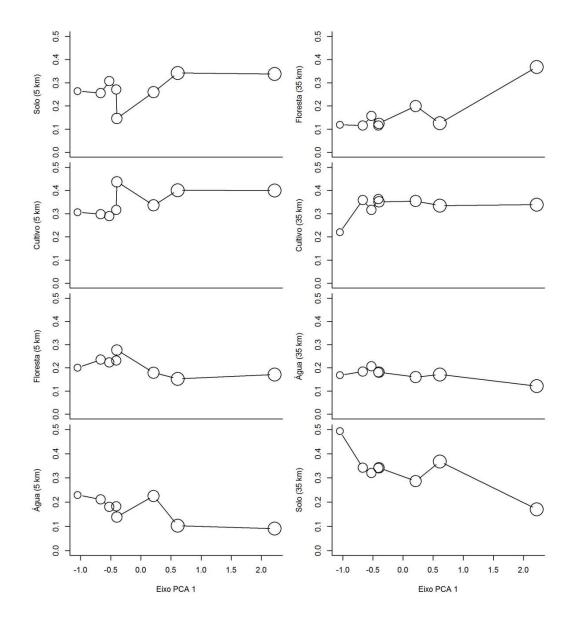


Figura 8. Proporções das áreas de cobertura pelos componentes da paisagem em relação ao primeiro eixo da PCA de correlações entre esses componentes. Gráficos à esquerda para buffers de 5 km ao redor dos fragmentos e à direita buffers de 35 km. O tamanho dos pontos é diretamente proporcional ao número rarefeito de espécies de aranhas em sub amostras de 50 indivíduos.

A riqueza de espécies (rarefação para 50 indivíduos) foi marginalmente relacionada à composição da paisagem (primeiro eixo de uma PCA de correlações) ao redor do fragmento florestal (Fig. 9). Esse modelo de regressão múltipla incluiu os

preditores cobertura do sub-bosque ( $F_{1,3} = 3,47$  e p = 0,16), cobertura do dossel ( $F_{1,3} = 0,57$  e p = 0,50) e a área dos fragmentos ( $F_{1,3} = 2,76$  e p = 0,20) que não foram significantes para a riqueza em espécies de aranhas.

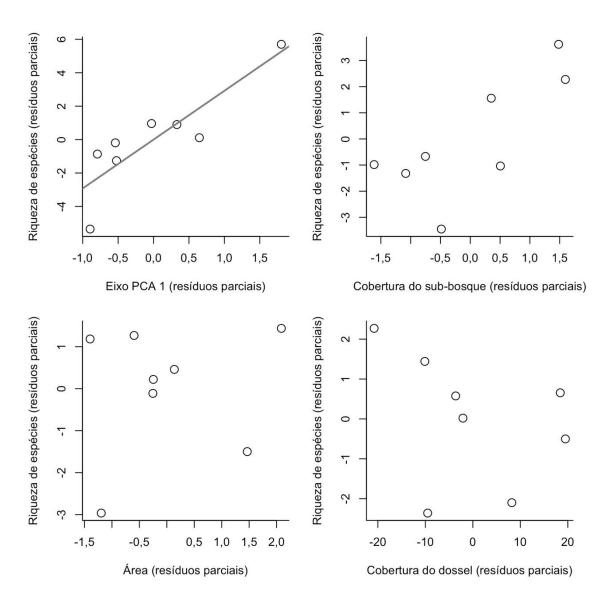


Figura 9. Efeitos parciais de variáveis ambientais relacionadas à estrutura do habitat (área, cobertura da folhagem no sub-bosque e no dossel) e da paisagem (primeiro eixo de uma PCA de correlações entre as áreas cobertas por floresta, cultivo, solo exposto ou água em buffers de 5 km e 35 km) em relação a riqueza de espécies rarefeita em sub amostras de 50 indivíduos. O modelo de regressão múltipla revela efeito marginalmente significante da paisagem sobre a riqueza de espécies ( $F_{1,3} = 9,24$ ; p = 0,056).

Em uma análise de redundância baseada em distâncias (dbRDA), a variância total (inércia) na matriz de distâncias Bray-Curtis foi 3,315, sendo 10% condicionada ao método de coleta das aranhas (guarda-chuva entomológico ou busca ativa noturna), 37% ligada as variáveis ambientais e 53% as diferenças em composição de espécies (Fig. 10). Os dois primeiros eixos da dbRDA recuperaram 71% da variância ligada as variáveis ambientais, sendo 42% no primeiro eixo e 29% no segundo. A composição das espécies nessa análise variou significativamente quanto a cobertura de dossel ( $F_{1,10}$ =1,95 e p = 0,02) e a área do fragmento florestal ( $F_{1,10}$  = 2,35 e p = 0,01). Isso reforça a ideia de que o tamanho do habitat é o fator mais relevante para a estruturação das comunidades de aranhas em fragmentos florestais em paisagens dominadas por atividade agrária.

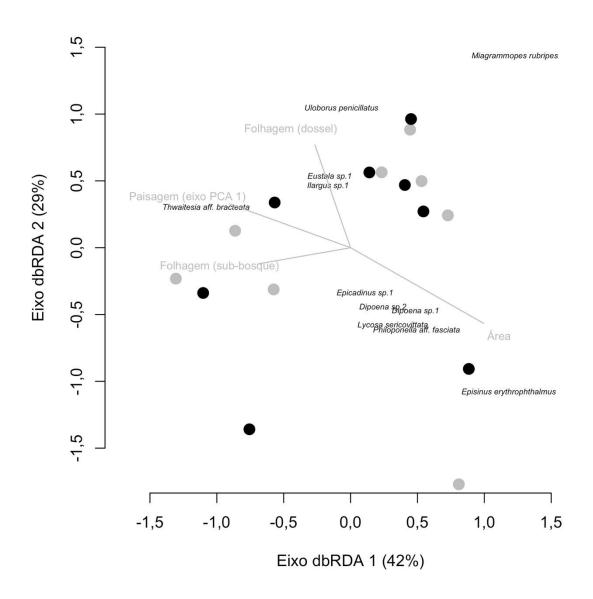


Figura 10. Ordenação das amostras de aranhas em guarda-chuva entomológico (pontos cinza) e busca ativa noturna (pontos pretos) por análise de redundância baseada em distâncias (dbRDA) Bray-Curtis, considerando-se a abundância relativa de indivíduos adultos. O nome das espécies e os vetores associados às variáveis ambientais indicam suas correlação com os eixos dbRDA.

## Discussão

Neste estudo registramos várias espécies de aranhas para uma região pouco estudada, sobre a qual quase não se conhecem as comunidades de aranhas (Raizer et al. 2017). Conseguimos registrar uma pequena parcela do total existente e nossos dados são estimativas instantâneas da riqueza de espécies, sem dúvida, uma subestimativa da riqueza total da área (Cardoso et al. 2008; Coddington et al. 1991).

A ecologia tem como uma das maiores preocupações identificar e explicar os padrões espaciais das estruturas ecológicas (Legendre 2012) e a comunidade de aranhas deveria estar estruturada espacialmente, uma vez que sua diversidade responde de maneira relevante à composição da paisagem, pois a heterogeneidade da matriz circundante dos fragmentos representa maior complexidade vegetal e consequentemente, maior disponibilidade de recursos (Axmacher et al. 2009; Clough et al. 2005; Jiménez-Valverde and Lobo 2007). Entretanto, neste estudo, não identificamos qualquer estruturação espacial da comunidade de aranhas, possivelmente pela simplificação da paisagem para exploração agrária, que reduziu as áreas de mata a remanescentes depauperados e isolados. Essa simplificação dos habitat em ambientes agrícolas tem efeitos nas interações das espécies impactando o funcionamento dos ecossistemas (Martin et al. 2015; Spear et al. 2018). Em sua maioria a diversidade de espécies varia localmente (diversidade α) nesses ambientes. Mesmo que as localidades sejam distantes, a composição das espécies é praticamente a mesma para todos os locais (baixa diversidade β).

A família Uloboridae é composta por aranhas construtoras de teia, predominantemente vivendo no centro da mata (Oliveira-Alves et al. 2005). Duas espécies dessa família são dominantes na área de estudo (*Miagrammopes rubripes* e *Uloborus penicillatus*) ocorrendo em praticamente todos os pontos de amostragem, o que

indica que estão bem adaptadas aos ambientes perturbados por atividades agrícolas. Além disso, mostramos que estão positivamente relacionadas a cobertura do dossel quando analisamos os dados por remanescente florestal.

Avaliamos os dados separando os métodos de coleta, como já foi realizado em outros estudos de comunidades (Goehring, Daily, and Şekerçioğlu 2002; Hackman, Gong, and Venevsky 2017), para que assim, pudéssemos capturar diferentes tipos de hábitos e habitats. Pudemos perceber que nas amostras realizadas por busca ativa noturna tivemos um maior número de aranhas adultas e de espécies, padrão explicado pela heterogeneidade do ambiente amostrado. Sustentamos a ideia de que esse ambiente mais heterogêneo tende a ter mais aranhas e por consequência mais espécies. As amostras por busca ativa noturna são maiores (capturam um maior número de aranhas), porém menos ricas em espécies quando comparadas aquelas de guarda-chuva entomológico. Já foi demonstrado que existe diferença entre métodos de coleta de aranhas (Coddington et al. 1991; Cardoso et al. 2008; Cardoso 2009), e esperávamos encontrar maior diversidade naqueles que acessam maior diversidade de habitat (Tews et al. 2004), como em busca ativa noturna. Entretanto, essa relação parece ser mais bem explicada pelo maior número de indivíduos nessas coletas do que pela heterogeneidade de nicho.

Embora a diversidade sozinha forneça uma informação incompleta sobre os impactos do uso da terra na biodiversidade (Newbold et al. 2015), muitos trabalhos vem demonstrando a possibilidade de determinar os potenciais de conservação e impactos de diferentes sistemas de uso da terra em uma paisagem heterogênea, utilizando riqueza de espécies, abundância e preocupação com a conservação de espécies (por exemplo, raridade) para determinar valores ecológicos de diferentes unidades de terra a nível local (Hackman, Gong, and Venevsky 2017; Milne and Bennett 2007). Seguindo essa mesma proposta, nossos dados poderão ser utilizados para mapear/monitorar a conservação da paisagem, assim como a diversidade local.

Recentes estudos da ecologia de paisagem relacionam a quantidade de habitat remanescente com a capacidade de uma paisagem em manter condições viáveis para a manutenção de suas espécies (Fahrig 2013). A fragmentação dos ambientes naturais causa o isolamento em manchas que podem não ser suficientes para comportar populações por longo prazo, podendo assim causar sua extinção (Didham, Kapos, and Ewers 2012b; Downie et al. 2000; Wilson et al. 1988; Fahrig 2003). Além disso, a destruição desses ambientes naturais pode trazer mudanças nas estruturas das comunidades, fazendo com que haja perda de espécies que não se adaptam as novas condições (Barlow et al. 2007),

dificultando o processo de migração, reduzindo populações e viabilizando a imigração de espécies exóticas (Ribeiro et al. 2009).

A abertura do dossel foi um dos fatores determinantes para a composição das espécies de aranhas. A exploração florestal gera diferentes graus de degradação variando de acordo com as condições ambientais e de manejo das florestas (Moraes et al. 2016). Uma boa maneira de estimar a degradação causada é quantificar o impacto causado pela abertura do dossel dessas florestas (Moraes et al. 2016), pois a abertura do dossel causa impactos diretos no microclima (aumento da incidência solar, aumento dos ventos, diminuição da umidade relativa do ar) e na capacidade de regeneração dessa floresta (Balch et al. 2013).

#### Conclusão

A comunidade de aranhas é muito homogênea nesse ambiente fragmentado para atividade agrária, pois grande parte (> 90%) da variação em diversidade de espécies é local (diversidade α) independentemente se avaliamos somente um componente do habitat (folhagem no estrato arbustivo) ou um conjunto deles como fizemos com as coletas noturnas. Ao todo a riqueza de espécies foi, como esperado, maior nessas coletas noturnas. Entretanto, em amostras pequenas (< 1000 aranhas) a diversidade foi maior naquelas que acessaram somente a folhagem. Portanto, essa relação entre diversidade de aranhas e de habitat deve-se a quantidade de aranhas (tamanho amostral) que é maior em habitat maiores e mais diversos estruturalmente. Neste caso, o mecanismo usual para explicar a relação positiva entre diversidade de habitat e de espécies, a partilha de nicho, não parece relevante. Mais importante é o tamanho do habitat que define o tamanho da comunidade (número de aranhas) que é diretamente proporcional a sua diversidade.

A paisagem ao redor de remanescentes florestais explica a variação em composição de espécies de aranhas tanto em escala local quanto regional. Mais especificamente a proporção de florestas parece determinante para ocorrência de determinadas espécies de aranhas, revelando a importância desse componente na organização dessas comunidades.

A abertura do dossel e o tamanho da área do fragmento também influenciam a composição das espécies de aranhas. Reforçando que o tamanho do habitat é mais importante para a comunidade de aranhas do que sua estrutura, que determinam as condições para as espécies de aranhas, nesses fragmentos florestais em paisagens dominadas por atividade agrária.

## Referências bibliográficas

- Abràmoff, Michael D., Paulo J. Magalhães, and Sunanda J. Ram. 2004. "Image Processing with ImageJ." *Biophotonics International* 11 (7): 36–41. https://doi.org/10.1117/1.3589100.
- Atauri, José A., and José V. De Lucio. 2001. "The Role of Landscape Structure in Species Richness Distribution of Birds, Amphibians, Reptiles and Lepidopterans in Mediterranean Landscapes." *Landscape Ecology* 16 (2): 147–59. https://doi.org/10.1023/A:1011115921050.
- Axmacher, Jan C., Gunnar Brehm, Andreas Hemp, Henry Tünte, Herbert V M Lyaruu, Klaus Müller-Hohenstein, and Konrad Fiedler. 2009. "Determinants of Diversity in Afrotropical Herbivorous Insects (Lepidoptera: Geometridae): Plant Diversity, Vegetation Structure or Abiotic Factors?" *Journal of Biogeography* 36 (2): 337–49. https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2008.01997.x.
- Balch, Jennifer K, Tara J Massad, Paulo M Brando, Daniel C Nepstad, Lisa M Curran, Phil Trans R Soc B, Jennifer K Balch, et al. 2013. "Effects of High-Frequency Understorey Fires on Woody Plant Regeneration in Southeastern Amazonian Forests Effects of High-Frequency Understorey Fires on Woody Plant Regeneration in Southeastern Amazonian Forests." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 368: 1–10.
- Barlow, J., T. A. Gardner, I. S. Araujo, T. C. Avila-Pires, A. B. Bonaldo, J. E. Costa, M.
  C. Esposito, et al. 2007. "Quantifying the Biodiversity Value of Tropical Primary,
  Secondary, and Plantation Forests." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (47): 18555–60. https://doi.org/10.1073/pnas.0703333104.
- Barton, Philip S., Maldwyn J. Evans, Claire N. Foster, Saul A. Cunningham, and Adrian
  D. Manning. 2017. "Environmental and Spatial Drivers of Spider Diversity at Contrasting Microhabitats." *Austral Ecology*. https://doi.org/10.1111/aec.12488.
- Becerra, Judith X. 2015. "On the Factors That Promote the Diversity of Herbivorous Insects and Plants in Tropical Forests." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112 (19): 6098–6103. https://doi.org/10.1073/pnas.1418643112.

- Bello, Francesco De, Sandra Lavorel, Cécile H. Albert, Wilfried Thuiller, Karl Grigulis, Jiři Dolezal, Štepán Janeček, and Jan Lepš. 2011. "Quantifying the Relevance of Intraspecific Trait Variability for Functional Diversity." *Methods in Ecology and Evolution* 2 (2): 163–74. https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2010.00071.x.
- Bizuet-Flores, María Yolanda, María Luisa Jiménez-Jiménez, Alejandro Zavala-Hurtado, and Pablo Corcuerab. 2015. "Diversity Patterns of Ground Dwelling Spiders (Arachnida: Araneae) in Five Prevailing Plant Communities of the Cuatro Ciénegas Basin, Coahuila, Mexico." *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86 (1): 153–63. https://doi.org/10.7550/rmb.45444.
- Borcard, Daniel, François Gillet, and Pierre Legen. 2011. *Numerical Ecology with R*. https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=p1NSDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=Borcard+D,+Gillet+F,+L egendre+P.+2011.+Numerical+Ecology+with+R.+&ots=4CLGF4\_KfH&sig=jyRp XAp6gjqLfKsfEkzn8jQoz-s#v=onepage&q=Borcard D%2C Gillet F%2C Legendre P. 2011. Numeric.
- Borges, Paulo a V, and Valerie K Brown. 2001. "Pasture Vegetation Complexity." *Ecography* 1 (Root 1973): 68–82. https://doi.org/10.1034/j.1600-0587.2001.240109.x.
- Cardoso, Pedro. 2009. "Standardization and Optimization of Arthropod Inventories-the Case of Iberian Spiders." *Biodiversity and Conservation* 18 (14): 3949–62. https://doi.org/10.1007/s10531-009-9690-7.
- Cardoso, Pedro, Nikolaj Scharff, Clara Gaspar, Sérgio S. Henriques, Rui Carvalho, Pedro H. Castro, Jesper B. Schmidt, et al. 2008. "Rapid Biodiversity Assessment of Spiders (Araneae) Using Semi-Quantitative Sampling: A Case Study in a Mediterranean Forest." *Insect Conservation and Diversity* 1 (2): 71–84. https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2007.00008.x.
- Clough, Yann, Andreas Kruess, David Kleijn, and Teja Tscharntke. 2005. "Spider Diversity in Cereal Fields: Comparing Factors at Local, Landscape and Regional Scales." *Journal of Biogeography* 32 (11): 2007–14. https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01367.x.
- Coddington, J.a. Jonathan a, Charles E Griswold, Diana Silva Dávila, Efrain Peñaranda,

- and Scott F Larcher. 1991. "Designing and Testing Sampling Protocols to Estimate Biodiversity in Tropical Ecosystems." *The Unity of Evolutionary Biology: Proceedings of the Fourth International Congress of Systematic and Evolutionary Biology*, 44–60.
- Coutinho, Leopoldo Magno. 2006. "O Conceito de Bioma." *Acta Botanica Brasilica* 20 (1): 13–23. https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000100002.
- Dennis, Peter, John Skartveit, Anja Kunaver, and David I. McCracken. 2015. "The Response of Spider (Araneae) Assemblages to Structural Heterogeneity and Prey Abundance in Sub-Montane Vegetation Modified by Conservation Grazing." *Global Ecology and Conservation* 3 (January): 715–28. https://doi.org/10.1016/J.GECCO.2015.03.007.
- Dias, Maria de Fátima da Rocha, Antonio D. Brescovit, and Max de Menezes. 2005. "Aranhas de Solo (Arachnida: Araneae) Em Diferentes Fragmentos Florestais No Sul Da Bahia, Brasil." *Biota Neotropica* 5 (1a): 141–50. https://doi.org/10.1590/S1676-06032005000200012.
- Didham, Raphael K., Valerie Kapos, and Robert M. Ewers. 2012a. "Rethinking the Conceptual Foundations of Habitat Fragmentation Research." *Oikos* 121 (2): 161–70. https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2011.20273.x.
- ——. 2012b. "Rethinking the Conceptual Foundations of Habitat Fragmentation Research." *Oikos* 121 (2): 161–70. https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2011.20273.x.
- Downie, I. S., I. Ribera, D. I. McCracken, W. L. Wilson, G. N. Foster, A. Waterhouse, V. J. Abernethy, and K. J. Murphy. 2000. "Modelling Populations of *Erigone Atra* and *E. Dentipalpis* (Araneae: Linyphiidae) across an Agricultural Gradient in ScotlandDOWNIE, I. S. et Al. Modelling Populations of Erigone Atra and E. Dentipalpis (Araneae: Linyphiidae) across an Agricultural Gradient." *Agriculture, Ecosystems and Environment* 80 (1–2): 15–28. https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00130-4.
- Espírito Santo, Benedito Rosa do. 2001. *Os Caminhos Da Agricultura Brasileira*.

  Evoluir. https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=vMYOAQAAIAAJ&oi=fnd&pg=PA11&dq=SANTO,+B.+R.+do+E.

- +Os+caminhos+da+agricultura+brasileira.&ots=TmuzD2QmpT&sig=dJY6zElKcZ Kiy\_bsqIVU-W2oOkM#v=onepage&q=SANTO%2C B. R. do E. Os caminhos da agricultura brasileira.&f=false.
- Ewers, Robert M., and Raphael K. Didham. 2006. "Confounding Factors in the Detection of Species Responses to Habitat Fragmentation." *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 81 (1): 117–42. https://doi.org/10.1017/S1464793105006949.
- Fahrig, Lenore. 2003. "Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity." *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34 (1): 487–515. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419.
- ——. 2013. "Rethinking Patch Size and Isolation Effects: The Habitat Amount Hypothesis." *Journal of Biogeography* 40 (9): 1649–63. https://doi.org/10.1111/jbi.12130.
- Fahrig, Lenore, Jacques Baudry, Lluís Brotons, Françoise G. Burel, Thomas O. Crist, Robert J. Fuller, Clelia Sirami, Gavin M. Siriwardena, and Jean Louis Martin. 2011. "Functional Landscape Heterogeneity and Animal Biodiversity in Agricultural Landscapes." *Ecology Letters* 14 (2): 101–12. https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01559.x.
- Foelix, Rainer F. 2011. *Biology of Spiders. Insect Systematics & Evolution*. Vol. 14. https://doi.org/10.1163/187631283X00371.
- Goehring, David M., Gretchen C. Daily, and Çağan H. Şekerçioğlu. 2002. "Distribution of Ground-Dwelling Arthropods in Tropical Countryside Habitats." *Journal of Insect Conservation* 6 (2): 83–91. https://doi.org/10.1023/A:1020905307244.
- Hackman, Kwame O., Peng Gong, and Sergey Venevsky. 2017. "A Rapid Assessment of Landscape Biodiversity Using Diversity Profiles of Arthropod Morphospecies." *Landscape Ecology* 32 (1): 209–23. https://doi.org/10.1007/s10980-016-0440-4.
- Hooper, D.U., F.S. Chapin III, and J.J. Ewel. 2005. "Effects of Biodiversity on Ecosystem Functioning: A Consensus of Current Knowledge." *Ecological Monographs* 75 (1): 3–35. https://doi.org/10.1890/04-0922.
- IBGE. 2004. "Mapa de Biomas e de Vegetação." 2004.

- https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm.
- Jiménez-Valverde, Alberto, and Jorge M. Lobo. 2007. "Determinants of Local Spider (Araneidae and Thomisidae) Species Richness on a Regional Scale: Climate and Altitude vs. Habitat Structure." *Ecological Entomology* 32 (1): 113–22. https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2006.00848.x.
- Klink, Carlos A., and Ricardo B. Machado. 2005. "A Conservação Do Cerrado Brasileiro." *Megadiversidade* 1 (1): 147–55. https://doi.org/10.1590/S0100-69912009000400001.
- Legendre, Pierre. 2012. "Spatial Autocorrelation: Trouble or New Paradigm? Author (s): Pierre Legendre Reviewed Work (s): Published by: Ecological Society of America Stable URL: Http://Www.Jstor.Org/Stable/1939924. SPATIAL AUTOCORRELATION: TROUBLE OR NEW PARADIGM?" 74 (6): 1659–73.
- Lima, Renato Augusto F. de, Paulo Inácio Prado, Adriana Maria Z Martini, Leandro J. Fonseca, Sérgius Gandolfi, and Ricardo R. Rodrigues. 2013. "Improving Methods in Gap Ecology: Revisiting Size and Shape Distributions Using a Model Selection Approach." Edited by Sabine Güsewell. *Journal of Vegetation Science* 24 (3): 484–95. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2012.01483.x.
- Lin, Sheng, Liette Vasseur, and Min Sheng You. 2016. "Seasonal Variability in Spider Assemblages in Traditional and Transgenic Rice Fields." *Environmental Entomology* 45 (2): 537–46. https://doi.org/10.1093/ee/nvw002.
- Liu, Yunhui, Meichun Duan, Xuzhu Zhang, Xin Zhang, Zhenrong Yu, and Jan C. Axmacher. 2014. "Effects of Plant Diversity, Habitat and Agricultural Landscape Structure on the Functional Diversity of Carabid Assemblages in the North China Plain." *Insect Conservation and Diversity* 8 (2): 163–76. https://doi.org/10.1111/icad.12096.
- Malumbres-Olarte, Jagoba, Cor J. Vink, James G. Ross, Robert H. Cruickshank, and Adrian M. Paterson. 2013. "The Role of Habitat Complexity on Spider Communities in Native Alpine Grasslands of New Zealand." *Insect Conservation and Diversity* 6 (2): 124–34. https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2012.00195.x.
- Martin, Emily A., Björn Reineking, Bumsuk Seo, and Ingolf Steffan-Dewenter. 2015. "Pest Control of Aphids Depends on Landscape Complexity and Natural Enemy

- Interactions." *PeerJ* 3: e1095. https://doi.org/10.7717/peerj.1095.
- Miles, Lera, Adrian C. Newton, Ruth S. DeFries, Corinna Ravilious, Ian May, Simon Blyth, Valerie Kapos, and James E. Gordon. 2006. "A Global Overview of the Conservation Status of Tropical Dry Forests." *Journal of Biogeography* 33 (3): 491–505. https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01424.x.
- Milne, Robert J., and Lorne P. Bennett. 2007. "Biodiversity and Ecological Value of Conservation Lands in Agricultural Landscapes of Southern Ontario, Canada." *Landscape Ecology* 22 (5): 657–70. https://doi.org/10.1007/s10980-006-9063-5.
- Mittermeier, Russell a., Gustavo a.B. B Da Fonseca, Anthony B. Rylands, and Katrina Brandon. 2005. "A Brief History of Biodiversity Conservation in Brazil\ndoi:10.1111/j.1523-1739.2005.00709.X." *Conservation Biology* 19 (3): 601–7. https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00709.x.
- Moraes, Iranilda Silva, Aline Maria Meiguins Lima, Marcos Adami, and Márcia Tatiana Vilhena Segtowich Andrade. 2016. "MONITORAMENTO DA ABERTURA NO DOSSEL A PARTIR DE FOTOGRAFIAS HEMISFÉRICAS COM NDVI E MLME EM ÁREA DE CONCESSÃO FLORESTAL: MAMURU-ARAPIUNS / PA Canopy Opening Monitoring by Hemispherical Photographs with NDVI and LSMM, in Forest Concession Area: Mamuru-A." *Revista Brasileira de Cartografia* 68 (7): 1303–15.
- Morrone, Juan J. 2006. "Biogeographic Areas and Transition Zones of Latin America and the Caribbean Islands Based on Panbiogeographic and Cladistic Analyses of the Entomofauna." *Annual Review of Entomology* 51 (1): 467–94. https://doi.org/10.1146/annurev.ento.50.071803.130447.
- Myers, Norman, Russell A. Mittermeier, Cristina G. Mittermeier, Gustavo A. B. da Fonseca, and Jennifer Kent. 2000. "Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities." *Nature* 403 (6772): 853–58. https://doi.org/10.1038/35002501.
- Newbold, Tim, Lawrence N. Hudson, Samantha L.L. Hill, Sara Contu, Igor Lysenko, Rebecca A. Senior, Luca Börger, et al. 2015. "Global Effects of Land Use on Local Terrestrial Biodiversity." *Nature* 520 (7545): 45–50. https://doi.org/10.1038/nature14324.
- "NMBE World Spider Catalog." 2018. Natural History Museum Bern. 2018.

- https://doi.org/10.24436/2.
- Oksanen, Author Jari, F Guillaume Blanchet, Michael Friendly, Roeland Kindt, Pierre Legendre, Dan Mcglinn, Peter R Minchin, et al. 2018. "Vegan: Community Ecology Package." https://doi.org/ISBN 0-387-95457-0.
- Oliveira-Alves, Alder, Marcelo Cesar Lima Peres, Marcelo Alves Dias, Gutemberg da Silva Cazais-Ferreira, and Luciano Raimundo Alardo Souto. 2005. "Estudo Das Comunidades de Aranhas (Arachnida: Araneae) Em Ambiente de Mata AtlâNtica No Parque Metropolitano de Pituaçu PMP, Salvador, Bahia." *Biota Neotropica* 5 (1a): 91–98. https://doi.org/10.1590/S1676-06032005000200008.
- Peterson, Julie A., John J. Obrycki, and James D. Harwood. 2016. "Spiders from Multiple Functional Guilds Are Exposed to Bt-Endotoxins in Transgenic Corn Fields via Prey and Pollen Consumption." *Biocontrol Science and Technology* 26 (9): 1230–48. https://doi.org/10.1080/09583157.2016.1193591.
- Prado, Darién E., and Peter E. Gibbs. 1993. "Patterns of Species Distributions in the Dry Seasonal Forests of South America." *Annals of the Missouri Botanical Garden* 80 (4): 902–27. https://doi.org/Doi 10.2307/2399937.
- Preston, F.W. 1962. "The Canonical Distribution of Commonness and Rarity: Part II Author (s): F. W. Preston Reviewed Work (s): Published by: Ecological Society of America Stable URL: http://www.Jstor.Org/Stable/1933371." 43 (3): 410–32.
- R Core Team. 2018. "R: A Language and Environment for Statistical Computing." *R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.* Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. https://doi.org/http://www.R-project.org/.
- Raizer, Josué, and Maria Eugênia C. Amaral. 2001. "Does the Structural Complexity of Aquatic Macrophytes Explain the Diversity of Associated Spider Assemblages?" *Journal of Arachnology* 29 (2): 227–37. https://doi.org/10.1636/0161-8202(2001)029[0227:DTSCOA]2.0.CO;2.
- Raizer, Josué, Antonio D. Brescovit, Ubirajara de Oliveira, and Adalberto J. Santos. 2017. "Diversidade e Composição Da Araneofauna Do Mato Grosso Do Sul, Brasil." *Iheringia. Série Zoologia* 107 (suppl): 1–9. https://doi.org/10.1590/1678-4766e2017109.

- Rao, Radhakrishna C. 1982. "Diversity and Dissimilarity Coefficients: A Unified Approach." *Theoretical Population Biology* 43: 24–43.
- Ribeiro, Milton Cezar, Jean Paul Metzger, Alexandre Camargo Martensen, Flávio Jorge Ponzoni, and Márcia Makiko Hirota. 2009. "The Brazilian Atlantic Forest: How Much Is Left, and How Is the Remaining Forest Distributed? Implications for Conservation." *Biological Conservation* 142 (6): 1141–53. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021.
- Rouse, J W Jr, R H Haas, J A Schell, and D W Deering. 1974. "Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS." *Nasa Technical Reports Server*, January.
- Schaffers, André P., Ivo P. Raemakers, Karlè V. Sýkora, and Cajo J F Ter Braak. 2008. "Arthropod Assemblages Are Best Predicted by Plant Species Composition." *Ecology* 89 (3): 782–94. https://doi.org/10.1890/07-0361.1.
- Schmidt, Martin H., Carsten Thies, Wolfgang Nentwig, and Teja Tscharntke. 2008. "Contrasting Responses of Arable Spiders to the Landscape Matrix at Different Spatial Scales." *Journal of Biogeography* 35 (1): 157–66. https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2007.01774.x.
- Schuldt, Andreas, Helge Bruelheide, Walter Durka, Stefan G. Michalski, Oliver Purschke, and Thorsten Assmann. 2014. "Tree Diversity Promotes Functional Dissimilarity and Maintains Functional Richness despite Species Loss in Predator Assemblages." *Oecologia* 174 (2): 533–43. https://doi.org/10.1007/s00442-013-2790-9.
- Silva, J. F., M. R. Fariñas, J. M. Felfili, and C. A. Klink. 2006. "Spatial Heterogeneity, Land Use and Conservation in the Cerrado Region of Brazil." *Journal of Biogeography* 33 (3): 536–48. https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01422.x.
- Souza, Andrea Lucia Teixeira de, and Rogerio Parentoni Martins. 2005. "Foliage Density of Branches and Distribution of Plant-Dwelling Spiders1." *Biotropica* 37 (3): 416–20. https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2005.00055.x.
- Spear, Dakota M., William A. Foster, Andreas Dwi Advento, Mohammad Naim, Jean Pierre Caliman, Sarah H. Luke, Jake L. Snaddon, Sudharto Ps, and Edgar C. Turner. 2018. "Simplifying Understory Complexity in Oil Palm Plantations Is Associated with a Reduction in the Density of a Cleptoparasitic Spider, Argyrodes Miniaceus

- (Araneae: Theridiidae), in Host (Araneae: Nephilinae) Webs." *Ecology and Evolution* 8 (3): 1595–1603. https://doi.org/10.1002/ece3.3772.
- Spichiger, Rodolphe, Clément Calenge, and Bastian Bise. 2004. "Geographical Zonation in the Neotropics of Tree Species Characteristic of the Paraguay-Paraná Basin." *Journal of Biogeography* 31 (9): 1489–1501. https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2004.01071.x.
- Strassburg, Bernardo B.N., Thomas Brooks, Rafael Feltran-Barbieri, Alvaro Iribarrem, Renato Crouzeilles, Rafael Loyola, Agnieszka E. Latawiec, et al. 2017. "Moment of Truth for the Cerrado Hotspot." *Nature Ecology and Evolution* 1 (4): 1–3. https://doi.org/10.1038/s41559-017-0099.
- Tabarelli, Marcelo, Antonio Venceslau Aguiar, Milton Cezar Ribeiro, Jean Paul Metzger, and Carlos A. Peres. 2010. "Prospects for Biodiversity Conservation in the Atlantic Forest: Lessons from Aging Human-Modified Landscapes." *Biological Conservation* 143 (10): 2328–40. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.02.005.
- Tews, J., U. Brose, V. Grimm, K. Tielbörger, M. C. Wichmann, M. Schwager, and F. Jeltsch. 2004. "Animal Species Diversity Driven by Habitat Heterogeneity/Diversity: The Importance of Keystone Structures." *Journal of Biogeography* 31 (1): 79–92. https://doi.org/10.1046/j.0305-0270.2003.00994.x.
- Tscharntke, Teja, Jason M. Tylianakis, Tatyana A. Rand, Raphael K. Didham, Lenore Fahrig, Péter Batáry, Janne Bengtsson, et al. 2012. "Landscape Moderation of Biodiversity Patterns and Processes Eight Hypotheses." *Biological Reviews* 87 (3): 661–85. https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2011.00216.x.
- Turnbull, a L. 1973. "Ecology of the True Spiders (Araneomorphae)." *Annual Review of Entomology* 18 (1): 305–48. https://doi.org/10.1146/annurev.en.18.010173.001513.
- Uetanabaro, M, F L Souza, P L Filho, A F Beda, and R A Brandao. 2007. "Anfibios e Repteis Do Parque Nacional Da Serra Da Bodoquena, Mato Grosso Do Sul, Brasil." *Biota Neotropica* 7 (3): 279–89.
- Vanzolini, P. E. 1963. "Problemas Faunísticos Do Cerrado." In *Simpósio Sobre o Cerrado*, edited by Mario Guimarães Ferri, 307–20. São Paulo: Universidade de São Paulo.

- Wilson, Edward O., Frances M. Peter, National Academy of Sciences (U.S.), and Smithsonian Institution. 1988. *Biodiversity*. Edited by Frances M. Peter. Washington D.C.: National Academic Press. https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=CSiCJvcm2RcC&oi=fnd&pg=PA21&dq=EHRLICH,+P.R.+The+los s+of+diversity:+Causes+and+consequences.&ots=t5pfZhRepQ&sig=AHF90RuYn ryNcz\_kGc97bVN90kQ#v=onepage&q=EHRLICH%2C P.R. The loss of diversity%3A Causes and c.
- Wise, David H. 1995. *Spiders in Ecological Webs*. Cambridge University Press. https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=qP0fYU3FTDwC&oi=fnd&pg=PR11&dq=Wise+,+D+.+H+.+(+1993+)+Spiders+in+Ecological+Webs+.+&ots=qd4Hc6HfBD&sig=ZDRi36G1A87paYOcnWqfVKQVYkE#v=onepage&q&f=false.