

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

**SIMULIIDAE (DIPTERA: NEMATOCERA) NA
DIAGONAL DE ÁREAS SECAS DA AMÉRICA DO SUL**

NAYARA KARLA ZAMPIVA

**Dourados-MS
Maio 2013**

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

Nayara Karla Zampiva

**SIMULIIDAE (DIPTERA: NEMATOCERA) NA DIAGONAL DE
ÁREAS SECAS DA AMÉRICA DO SUL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de MESTRE EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE.

Área de concentração: Entomologia

Orientador: Dr. Mateus Pepinelli

Co-orientador: Dr. Fabio de Oliveira Roque

**Dourados-MS
Maio 2013**

Nayara Karla Zampiva

**SIMULIIDAE (DIPTERA: NEMATOCERA) NA DIAGONAL DE
ÁREAS SECAS DA AMÉRICA DO SUL**

Capítulo I

Checklist de Simuliidae (Insecta, Diptera) do Estado de Mato Grosso do Sul.

Capítulo II

O papel relativo de preditores ambientais e espaciais na riqueza de espécies comuns e raras de Simuliidae.

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Entomologia e Conservação da Biodiversidade.

Campo Grande, 29 de maio de 2013.

BANCA EXAMINADORA

Presidente

Prof^o Dr. Mateus Pepinelli
(Orientador)

Co-orientador

Prof^o Dr. Fabio de Oliveira Roque
(Co-orientador)

1^o Examinador

Prof^o Dr. Gustavo Graciolli
UFMS

2^o Examinador

Prof^a Dra. Sara da Silva Abes
UEMS

“O ser humano vivência a si mesmo, seus pensamentos como algo separado do resto do universo - numa espécie de ilusão de ótica de sua consciência. E essa ilusão é uma espécie de prisão que nos restringe a nossos desejos pessoais, conceitos e ao afeto por pessoas mais próximas. Nossa principal tarefa é a de nos livrarmos dessa prisão, ampliando o nosso círculo de compaixão, para que ele abranja todos os seres vivos e toda a natureza em sua beleza. Ninguém conseguirá alcançar completamente esse objetivo, mas lutar pela sua realização já é por si só parte de nossa liberação e o alicerce de nossa segurança interior”.

Albert Einstein

“Deus não escolhe os capacitados, capacita os escolhidos. Fazer ou não fazer algo só depende de nossa vontade e perseverança”.

Albert Einstein

Agradecimento

Primeiramente à Deus pela vida que me forneceu!

Aos Professores Dr. Mateus Pepinelli e Dr. Fabio de O. Roque, orientadores em conjunto desta dissertação, por todo empenho, sabedoria, compreensão e, acima de tudo, ensinamentos. Gostaria de ratificar a competência, participação com discussões, correções e sugestões que fizeram com que concluíssemos este trabalho.

À Dra. Neusa Hamada, por toda dedicação e ensinamento, em especial a taxonomia de Simuliidae.

Ao pessoal do Laboratório de Citotaxonomia e Insetos Aquáticos do INPA, pelo companheirismo nos três meses de estágios no INPA.

Ao pessoal do Grupo de Pesquisa Coexistência pela ajuda, companheirismo e momentos de debates Ecológicos e aos momentos de distrações. Em especial a Suzana Escarpinati e Elaine Corrêa, pelos tempos de moradia e companheirismo.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade (UFGD), pela oportunidade de crescimento e aprendizado. A Capes pelo fomento de bolsa durante o Mestrado.

A todos os meus amigos e amigas que sempre estiveram presentes me aconselhando e incentivando com carinho e dedicação. Em especial Ana Paula Marques, Juliane Moreira, Kefany Andrade Ramalho, Micheli Camargo, Morgana Wachter, Nineve Bertotto e Paula Navarro.

As pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução dessa

Dissertação de Mestrado.

Posterior a todos agradecimentos deixei para o final pois são as pessoas que devo toda minha vida e minhas conquistas. Pois foram eles que me ensinaram a falar, a andar, a respeitar, a reconhecer meus erros, a ser humilde, a sempre ter fé e esperança, sempre acreditaram na minha capacidade. Fortaleceram-me contra todas as tempestades: Agradeço...

Aos meus pais “Lucy e Carlos”, meus irmãos “Nádia e Wagner”, a luz da minha vida “sobrinha Yasmin”, avós “Adalice e Edita”, tia “Lenira” por todo amor, força e valorização ao meu potencial. Pai e Mãe obrigada por medarem o colo quando foi preciso chorar e me estenderam o braço quando precisei levantar. É óbvio dizer que devo tudo a eles.

Outra pessoa de extrema importância na minha vida que de certa forma apareceu de paraquedas há quatro anos e que permanecerá “Enquanto o Sol Brilhar”. Entre esses anos que estamos juntos cada vez que passa, tenho mais certeza que você é minha outra metade “Marcos Tosatti”, sempre me dando força e me incentivando a lutar pelos meus objetivos, objetivos estes que você sempre esteve incluso. Sabemos que não foi nada fácil, alguns tempos longe com muitas saudades, muitos dias na esperança de nos vermos (e muitos deles só ficamos na esperança hehehe) e mesmo assim meu Amor nunca deixamos que nossos sentimentos enfraquecessem.

Vocês todos nunca me deixaram carregar os fardos da vida sozinha. Honrosamente meu sincero obrigada família!

Resumo

Simuliidae, conhecidos popularmente como borrachudos, constituem um grupo de dípteros cosmopolita que possui reconhecida importância, devido principalmente aos adultos de algumas espécies serem vetores de doenças, tais como a oncocercose e mansonelose. Existem atualmente 2135 espécies de Simuliidae válidas (incluindo 12 fósseis) das quais aproximadamente 355 são encontradas na região Neotropical, sendo 90 registradas para o Brasil. Compreender a distribuição e a composição das espécies é de fundamental importância para estudos científicos, bem como fornecer subsídios para definição de áreas de conservação.

A escolha de Simuliidae como grupo-alvo dessa dissertação se deve a vários fatores, são eles: I) é um dos grupos de insetos aquáticos com taxonomia bem resolvida na região neotropical; II) descrição e identificação em nível de espécie; III) importância médico-veterinária; IV) importância aos processos ecológicos; V) um dos grupos de macroinvertebrados de extrema importância de sistemas lóticos, pois participam como filtradores da cadeia alimentar e são considerados como indicadores de qualidade ambiental e VI) escassez de trabalhos sobre o grupo no estado do Mato Grosso do Sul.

Neste trabalho apresentaremos dois capítulos. O primeiro sobre a distribuição e diversidade de Simuliidae para o estado do Mato Grosso do Sul com uma lista de espécies de simúlideos coletados em 47 corpos d'água das duas grandes bacias hidrográficas do Estado: Paraná e Paraguai. No total foram reportadas 18 espécies para o Estado, incluindo dois novos registros: *Simulium dinellii* (Joan) e *Simulium virescens* (Hamada, Silva & Pereira).

O segundo capítulo é um trabalho em larga escala de espécies de Simuliidae na diagonal de áreas secas da América do sul. Nosso principal enfoque foi analisar o padrão de riqueza de espécies de Simuliidae com o princípio de desconstrução extrema de espécies comuns e raras, para entendermos o papel de preditores ambientais e espaciais, a partir dos modelos: i) se espécies raras e comuns respondem de forma distinta a preditores ambientais e espaciais e ii) se ambas espécies, raras e comuns, respondem aos mesmos conjuntos de preditores “ambientais e espaciais”. Embora a parcela ambiental não tenha sido elevada ao longo da desconstrução (~10%), ela manteve-se relativamente constante indicando que o papel do ambiente desvinculado do espaço não se modifica ao longo do gradiente de riqueza comum-raro. Nosso resultado é de certa forma surpreendente, pois os padrões de riqueza de espécies raras são relativamente mal explicados por fatores ambientais. Nosso estudo estende para a região Neotropical a discussão de baixo poder preditivo de variáveis da paisagem na compreensão da estrutura da comunidade de macroinvertebrados em riachos.

Abstract

Simuliidae, popularly known as black flies, is a cosmopolitan group that has recognized importance, mainly due to the adults of some species are vectors of diseases such as onchocerciasis and mansonelliasis. There are currently 2135 valid species of Simuliidae (including 12 fossil) of which approximately 355 are found in the Neotropical region, with 90 recorded in Brazil. Understanding the distribution and species composition of species is one of the most important achievements for scientific studies, as well as provide assistance in defining conservation areas.

The choice of Simuliidae as a target group of this study is due to several factors: I) is a group of aquatic insects with well developed taxonomy in the Neotropics; II) description and identification to the species level; III) medical importance -veterinary; IV) importance to ecological processes; V) it is a group of aquatic insects extremely important to lotic systems as filter feeders and also are considered as indicators of environmental quality and VI) lack of studies about the group in the state of Mato Grosso do Sul

In this study there are two chapters. The first one is about the distribution and diversity of Simuliidae in the State of Mato Grosso do Sul with a list of species of blackflies collected in 47 bodies of water in the two major watersheds: Paraná and Paraguay. In total 18 species were reported to the state, including two new records: *Simulium dinellii* (Joan) and *Simulium virescens* (Hamada, Silva & Pereira).

The second chapter is a large-scale study on species of Simuliidae from the South America dry diagonal area. Our main focus was to analyze the pattern of species richness of Simuliidae with the principle of extreme deconstruction of common and rare species, to understand the role of environmental and spatial predictors from the models: i) common and rare species respond distinctly to spatial and environmental predictors and ii) if both species, common and rare, respond to the same sets of predictors "environmental and space." Although the environmental portion has not been high throughout the deconstruction (~ 10%), it remained relatively constant indicating that the role of the environment unbound space does not change along the gradient of common-rare. Our result is somewhat surprising, because the patterns of species richness are relatively rare poorly explained by environmental factors. Our study extends the Neotropics discussion of low predictive power of landscape variables in understanding the community structure of macroinvertebrates in streams.

Sumário

Introdução	12
Objetivos Gerais	16
Objetivos Específicos	16
Metodologia geral de coleta e identificação	16
Capítulo I.....	18
Checklist de Simuliidae (Insecta, Diptera) do Estado de Mato Grosso do Sul	18
Introdução	19
Materiais e Métodos.....	20
Resultado e discussão	21
Referências bibliográficas.....	26
Capítulo II.....	29
O papel relativo de preditores ambientais e espaciais na riqueza de espécies comuns e raras de Simuliidae.	29
Introdução	29
Material e Métodos	31
Área de estudo	31
Construção do banco de dados e estimativa da riqueza de espécies	32
Preditores ambientais	33
Preditores espaciais	34
Variáveis dependentes: desconstrução da riqueza de espécies	35
Papel relativo de preditores ambientais e espaciais na riqueza desconstruída.....	35
Resultados.....	36
Discussão	38
O papel de preditores espaciais e ambientais na riqueza desconstruída	39
Referências Bibliográficas.....	42
Anexos.....	49
Referências bibliográficas Gerais.....	57

Índice de Figuras

Introdução

Figura 1. Ciclo de vida de Simuliidae, com os estágios de desenvolvimentos e os habitats. Autoria: Hamada, N.	12
--	----

Capítulo I

Figura 1. Mapa dos 47 pontos de coleta no estado do Mato Grosso do Sul.....	21
---	----

Capítulo II

Figura 1. Mapa com grid das 418 células na diagonal de áreas secas da América do Sul.	36
--	----

Figura 2. Frequência de ocorrência das espécies nas células (grid) situadas a esquerda simulídeos comuns e a direita raros. Não estão representadas todas as espécies, devido as dimensões do gráfico (ver, o gráfico original nos anexos).	37
--	----

Figura 3. Riqueza desconstruída a partir da riqueza total (R_t) até riqueza desconstruída das 59 espécies (R_{59}), com relação aos preditores. As siglas $R_1, R_2, \dots, R_{57}, R_{58}, R_{59}$ são referentes a riqueza desconstruída das espécies mais frequentes para as espécies com menor frequência de ocorrência, desconstrução esta das espécies sem reposição das mesmas (ver, o gráfico original em anexos).....	38
--	----

Anexos

Figura 2 original.. ..	55
Figura 3 original.. ..	56

Índice de Tabelas

Capítulo I

Tabela 1. Lista de espécies de Simuliidae do estado de Mato Grosso do Sul e localidades de ocorrência..... 23

Tabela 2. Corpos d'água amostrados com código de localidades de coletas e coordenadas geográficas..... 24

Anexos

Tabela 1. Frequência de ocorrência das espécies nas células, das espécies mais frequentes a as espécies com menor frequência de ocorrência (somatória de ocorrência nas células). 49

Tabela 2. Resultados da PCNM com filtros espaciais, os componentes explicativos.... 52

Introdução

Os simulídeos são popularmente conhecidos no Brasil como “piuns” e “borrachudos”. Pertencem a ordem Diptera, subordem Nematocera, infra-ordem Culicomorpha e superfamília Chironomoidea, estão distribuídos em todas as regiões zoogeográficas. Atualmente, 2135 espécies de Simuliidae são válidas (incluindo 12 fósseis) (Adler & Crosskey 2012) das quais aproximadamente 355 ocorrem na região Neotropical (Currie & Adler 2008), sendo 87 (Adler & Crosskey 2012) registradas para o Brasil. Recentemente, três novas espécies foram descritas (Hamada et al. 2012, Maia-Herzog et al. 2012, Pessoa et al. 2012), totalizando 90 espécies reportadas para o Brasil em três gêneros: *Araucnephia* Wygodzinsky & Coscarón, 1973 com duas espécies, *Lutzsimulium* d’Andreatta & d’Andreatta, 1947 com quatro espécies e *Simulium* Latreille, 1802 com 84 espécies no Brasil.

Estes insetos são holometábolos, ou seja, apresentam os estágios de ovo, larva, pupa e adulto. Completam seu ciclo biológico em meio terrestre e aquático (Adler 1994) (Figura 1).

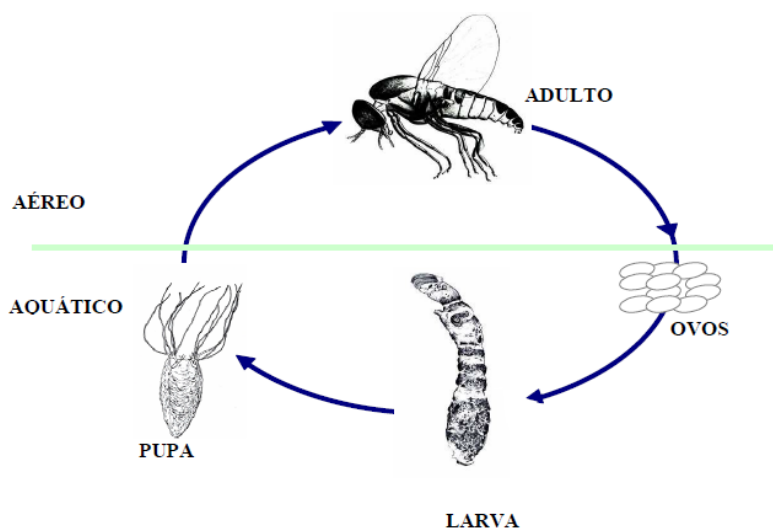


Figura 1. Ciclo de vida de Simuliidae, com os estágios de desenvolvimentos e os habitats. Autoria: Hamada, N.

Os ovos desses dípteros são pequenos, medindo de 100 a 400µm com formato ovoide e superfície lisa. As larvas possuem tipicamente uma forte cápsula cefálica, um par de grandes leques cefálicos filtradores anexos à boca que se abrem hemisfericamente. Para se fixar, usam um pé não articulado no tórax próximo à cabeça, na forma de um prolongamento do tegumento e uma estrutura circular no extremo

posterior do corpo, ambos coroados por ganchos. As pupas, por sua vez, encontram-se fixas em um casulo debaixo da água, por um arranjo de ganchos abdominais, apresentando um par de brânquias torácicas com uma infinidade de formas (Gaona & Andrade 1999).

Os adultos são pequenos e com um corpo bem definido, geralmente medindo de 2 a 4 mm de comprimento, cabeça ovalada sobre o tórax arqueado; as antenas curtas compõem-se geralmente de onze segmentos e não apresentam cerdas junto às articulações; corpo escuro ou negro, mas as vezes castanho avermelhado ou amarelado com grandes asas largas e hialinas; aparelho bucal picador sugador com probóscide curta e robusta; as pernas são curtas, os machos podem ser diferenciados das fêmeas por apresentarem os olhos compostos unidos na região frontal de cabeça (Gaona & Andrade 1999).

Os estágios imaturos habitam quase todos os tipos de ambientes aquáticos lóticos (Rey 1973, Adler 1994). As fêmeas ovipositam sobre pedras, galhos e folhas encontradas em cachoeiras, corredeiras, córregos e saídas de barragens. Esses locais de oviposição podem ser classificados como perene (córregos permanentes) e temporários (só existem em determinada época do ano) (Briceño-Iragorry 1943). Os habitats aquáticos são selecionados pela fêmea, de acordo com as condições físico-químicas dos criadouros para o acasalamento e oviposição (Hamada & McCreadie 1999, Hamada & Adler 2001). Cada fêmea coloca em média 200 a 300 ovos por postura, amadurecendo em torno de 5 a 6 dias dependendo da temperatura da água e da espécie (Coutinho 1993).

Após esse período, se inicia a eclosão das larvas, que para suportarem a correnteza da água se fixam por meio de um anel com ganchos situado na extremidade posterior do abdomen (Crosskey 1990) e se locomovem como se fizessem rapel aderidas aos substratos através de uma teia, produzida por substância salivar (Coscarón 1981).

As larvas são principalmente filtradoras não seletivas, filtram partículas orgânicas finas dissolvidas e suspensas na água através de seus leques cefálicos (Alencar et al. 2001), fazem parte da dieta de predadores, tais como, peixes, aves e outros insetos (Coscarón 1991), são comumente encontradas em corpos d'água com alto teor de oxigênio dissolvido e com variações na quantidade de matéria orgânica (Strieder et al. 2002, Strieder et al. 2006). As larvas de último estágio constroem um casulo, produzido com seda secretada pelas glândulas salivares, para dar início ao estágio de

pupação. Já os adultos são terrestres e tanto os machos como fêmeas alimentam-se de néctar de flores ou seiva de plantas (Ruas Neto et al. 1984, Neves 1991), enquanto as fêmeas de algumas espécies são hematófagas e necessitam de sangue para o amadurecimento dos ovos (Cunha 2001). Dependendo da preferência hematofágica, podem ser zoofílicas, ornitofílicas ou antropofílicas (Coscarón & Coscarón-Arias 2007, Crosskey 1990).

As fêmeas adultas de simulídeos estão entre os hematófagos mais incômodos ao ser humano e outros animais. São de importância médica e veterinária por seu potencial como vetores de várias doenças transmitidas pelo carreamento de diversos agentes etiológicos, tais como, bactérias, helmintos, protozoários e vírus (Cerqueira 1967, Hamada 1993).

Quanto à importância médica, fêmeas de algumas espécies são incriminadas como vetores de *Onchocerca volvulus* Leuckart, 1893 e *Mansonella ozzardi* Manson, 1897, agentes patogênicos da oncocercose (Cegueira do Rio) e mansonelose, respectivamente. Encontram-se registros destas doenças no extremo norte do Brasil: Amazonas e Roraima (Cerqueira 1959, Moraes & Chaves 1974, Shelley & Shelley 1976, Shelley et al. 1997, Shelley & Coscarón 2001). Shelley et al. (2000, 2001) estudaram espécies de Simuliidae que são vetores potenciais de *O. volvulus* no município de Minaçu-Goiás.

No estado do Pará, Pinheiro et al. (1974) sugerem que a “Síndrome Hemorrágica de Altamira” (uma doença endêmica, caracterizada por púrpura petequiral, esquimoses e sufusões hemorrágicas, além de sangramento da mucosa oral e gastrointestinal) seja uma virose transmitida por simulídeos. Atualmente, considera-se o mecanismo de desencadeamento da Síndrome desconhecido, porém, possivelmente relacionada a uma hipersensibilidade às substâncias contidas na saliva dos “piuns” (Costa-Júnior et al. 1997).

O pênfigo foliáceo ou fogo selvagem é considerado uma doença de caráter autoimune, crônica e endêmica em algumas regiões do mundo (Delmontes et al. 2001, Sampaio & Rivitti 1998). É uma doença com comprometimento cutâneo e algumas vezes mucoso, que tem como característica comum a presença de bolhas intra-epiteliais, e que pode estar relacionada à saliva de *Simulium* que possuem hábito de hematofagia, como alguns casos registrados no Mato Grosso do Sul (Eaton et al. 1998, Shelley et al. 2000). Segundo Campbell (2001), é possível que *Simulium* atue como vetor de agente

infeccioso, ou seja, portador de substâncias antigênicas e/ou sensibilizantes, talvez presentes nas proteínas da saliva.

Também de importância médica na área veterinária, esses dípteros são transmissores da oncocercoses para o gado, infecções usualmente não patogênicas, que são causadas por várias espécies de nematódeos filarídeos do gênero *Oncocerca*. Os simulídeos são ainda transmissores de leucocitoozoonoses (malária das aves), doença que pode ser mortal para perus, patos, gansos e frangos, sendo causada por protozoários parasitos de sangue, do gênero *Leucocytozoon*, um problema econômico importante para as criações e a indústria de perus na América do Norte. Além disso, muitas das espécies hematófagas causam também reações alérgicas e sérios prejuízos diretos em rebanhos (vacas, cavalos, mulas, asnos, ovelhas e porcos), como redução na produção de gado leiteiro, na produção de peso e postura em aves de criação, entre outros (Crosskey 1990, Gaona & Andrade 1999).

Ecologicamente, os simulídeos respondem a diferenças mais sutis tanto de hábitat quanto de intensidade de impacto ambiental (Oliver et al. 1998). Em geral, apresentam respostas demográficas e dispersivas mais rápidas do que os organismos com ciclos de vida mais longos. Eles também podem ser amostrados em maior quantidade e em escalas mais refinadas do que os organismos maiores. A conservação destes grupos depende da conservação de hábitats inteiros e de uma compreensão mais apurada de seus papéis na manutenção dos processos ecossistêmicos, como na participação ativa da cadeia trófica aquática e terrestre (Lewinsohn et al. 2005).

Neste trabalho apresentamos dois capítulos. O primeiro sobre a distribuição e diversidade de Simuliidae para o estado do Mato Grosso do Sul. O segundo capítulo é um trabalho em larga escala de espécies de Simuliidae. Nosso principal enfoque é analisar o padrão de riqueza de espécies de Simuliidae com o princípio de desconstrução extrema de espécies comuns e raras, para entendermos o papel de preditores ambientais e espaciais, a partir dos modelos: i) se espécies raras e comuns respondem de forma distinta a preditores ambientais e espaciais e ii) se ambas espécies, raras e comuns, respondem aos mesmos conjuntos de preditores “ambientais e espaciais”. O conjunto de dados utilizado nesse capítulo é um dos maiores e mais completo banco de dados de invertebrados aquáticos da região neotropical. Esse trabalho só foi possível com a participação e a grande ajuda da Dra. Neusa Hamada (INPA) que além de disponibilizar material de sua coleção, proporcionou um estágio de identificação com duração de três meses e colaborou na elaboração desse capítulo.

Objetivos Gerais

- Aumentar conhecimento sobre taxonomia, distribuição e aspectos ecológicos de Simuliidae (Diptera, Nematocera).

Objetivos Específicos

Capítulo I

- Analisar a composição de espécies de Simuliidae no estado de Mato Grosso do Sul.

Capítulo II

- Gerar um banco de dados de distribuição de espécies de Simuliidae de escala nacional que contribuirá para trabalhos futuros.
- Avaliar a riqueza de espécies de Simuliidae, usando o princípio de desconstrução extrema da riqueza de espécies comuns e raras, buscando entender o papel relativo de preditores ambientais e espaciais.

Metodologia geral de coleta e identificação

As coletas de Simuliidae foram feitas pelo método manual, que consiste em retirar diretamente dos diferentes substratos, com auxílio de pinça, exemplares de larvas e pupas. Em cada sistema foram examinados, ao longo de um trecho de pelo menos 50 metros, todos os biótipos disponíveis para a fixação das formas imaturas de Simuliidae.

Os exemplares (larvas e pupas) de Simuliidae foram fixados em álcool a 100% para montagem em lâminas e identificação. As pupas contendo adultos farados foram mantidas em eppendorfs, contendo papel filtro úmido para obtenção dos adultos e posteriormente, armazenadas com as respectivas exúvias em álcool a 80%. Adicionalmente, foram capturadas fêmeas adultas picando humanos durante o trabalho de campo, com auxílio de armadilha de sucção tipo Castro e conservados em álcool 80%. Alguns adultos foram diafanizados, montados em lâmina e lamínula segundo técnica descrita por Barreto & Coutinho (1940) a fim de ser observada a morfologia interna; outros foram montados em alfinete para o exame da morfologia externa. Algumas exúvias das pupas também foram montadas em lâmina.

A identificação ocorreu por meio de bibliografias especializadas como Coscarón (1991), Coscarón & Coscarón-Arias (2007) e artigos originais de descrição de espécies.

Devido à ausência de características morfológicas específicas que dificulta a correta determinação da identidade das formas larvais mais jovens (Strieder & PY-Daniel 1999), a identificação foi realizada com base nas pupas e larvas de último estágio, caracterizadas com histoblastos branquiais bem desenvolvidos. Foram confeccionadas lâminas permanentes em meio Euparal de larvas e pupas. Os adultos foram desidratados em celosolve e xilol. As identificações foram realizadas sob microscópio estereoscópio e óptico com auxílio de publicações especializadas (Coscarón 1987, 1991, Coscarón & Wygodzinsky 1984).

A seguir são apresentados os dois capítulos.

Capítulo I

Checklist de Simuliidae (Insecta, Diptera) do Estado de Mato Grosso do Sul

Nayara Karla Zampiva^{1,2}, Mateus Pepinelli³

¹Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal da Grande Dourados, Rod. Itahum-Dourados, KM 12, Unidade II, Dourados-MS. Email: nayarazampiva@gmail.com

²Laboratório de Zoologia, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande.

³Laboratório de Entomologia Aquática, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP. Email: mateuspepi@yahoo.com.br

Abstract: This study provides a checklist of Simuliidae species in the State of Mato Grosso do Sul along with information on distribution of species in 47 rivers and streams of the two major river basins in the State: Paraná and Paraguay. Eighteen species were reported to the state, including two new records: *Simulium dinellii* (Joan 1912) and *Simulium virescens* (Hamada, Silva & Pereira 2012).

Keywords: Black flies, Geographical distribution, New records, Biota/MS.

Number of species: Worldwide: 2135 (and 12 fossils); Brazil: 90; registered for the State of Mato Grosso do Sul: 18.

Resumo: Este trabalho apresenta uma listagem de espécies de simulídeos no Mato Grosso do Sul e traz informações sobre a distribuição das espécies em 47 corpos d'água das duas grandes bacias hidrográficas do estado: Paraná e Paraguai. No total foram registradas 18 espécies para o estado, incluindo dois novos registros: *Simulium dinellii* (Joan 1912) e *Simulium virescens* (Hamada, Silva & Pereira 2012).

Palavra-chave: Pium, Borrachudo, Distribuição geográfica, Novos registros, Biota/MS.

Número de espécies: No mundo: 2135 (sendo 12 fósseis); no Brasil: 90; registradas para o Estado de Mato Grosso do Sul: 18.

Introdução

Simuliidae, conhecidos popularmente como borrachudos, constituem um grupo de dípteros cosmopolita que possui reconhecida importância, devido principalmente aos adultos de algumas espécies serem vetores de doenças, tais como a oncocercose, mansonelose e o pênfigo foliáceo endêmico “fogo selvagem” (Shelley & Coscarón 2001, Eaton et al. 1998).

De acordo com Adler & Crosskey (2012) existem atualmente 2132 espécies de Simuliidae válidas (incluindo 12 fósseis), das quais aproximadamente 355 são encontradas na região Neotropical (Currie & Adler 2008), sendo 87 (Adler & Crosskey 2012) registradas para o Brasil. Recentemente três novas espécies foram descritas (Hamada et al. 2012, Maia-Herzog et al. 2012, Pessoa et al. 2012), totalizando 90 espécies reportadas para o Brasil em três gêneros: *Araucnephia* Wygodzinsky & Coscarón 1973 com duas espécies, *Lutzsimulium* d'Andreatta & d'Andreatta 1947 com quatro espécies e *Simulium* Latreille 1802 com 84 espécies. No estado de Mato Grosso do Sul 16 espécies são registradas (Eaton et al. 1998, Adler & Crosskey 2012).

As larvas deste grupo são aquáticas, reofílicas (dependem de correnteza) e filtradoras, alimentando-se de partículas orgânicas finas dissolvidas e suspensas na água (Alencar et al. 2001). São comumente encontradas em corpos d'água com alto teor de oxigênio dissolvido e com variações na quantidade de matéria orgânica (Strieder et al. 2002, Strieder et al. 2006). As larvas de último estágio constroem um casulo, produzido com seda secretada pelas glândulas salivares, para dar início ao estágio de pupação. Já os adultos são terrestres e ambos os sexos alimentam-se de néctar e somente as fêmeas de algumas espécies são hematófagas, pois necessitam de sangue de vertebrados para completar o desenvolvimento dos ovos. Dependendo da preferência hematofágica, podem ser zoofílicas, ornitofílicas ou antropofílicas (Coscarón & Coscarón-Arias 2007, Crosskey 1990).

A maioria dos registros de ocorrência de Simuliidae para o Mato Grosso do Sul foram realizados por Coscarón (1991), Coscarón & Coscarón-Arias (2007) Adler & Crosskey (2012), porém, nada se sabe sobre as localidades, as datas, os coletores das espécies e o material examinado. Dessa forma, neste trabalho apresentamos a lista de espécies de Simuliidae registradas no estado de Mato Grosso do Sul.

Materiais e Métodos

O estado de Mato Grosso do Sul possui uma área de 357.124,962 Km², sendo banhado por duas grandes bacias hidrográficas: Bacia do Rio Paraná com uma área total de 169.488,662 km², a Leste, com destaque para os rios Aporé, Sucuriú, Verde, Brilhante, Pardo, Ivinhema, Amambai e Iguatemi; a Bacia do Rio Paraguai com área total de 187.636,300 km², ao lado Oeste, com os rios Taquari, Miranda, Aquidauana, Negro e Apa (ZEE-MS vol. I 2007).

Para a elaboração dessa lista de espécies foram utilizadas duas fontes de informações, a primeira foi a identificação do material provenientes de coletas em 47 pontos abrangendo as seguintes sub-bacias do Mato Grosso do Sul: Rio Sucuriú, Rio Verde, Amambai, Brilhante, Aquidauana e Apa (Figura 1) durante os meses de setembro de 2011 a maio de 2012. Todos os pontos foram amostrados apenas uma vez, e os espécimes foram coletados, manualmente, em um trecho de aproximadamente 100 metros em cada corpo d'água. A segunda fonte de informação foi a consulta de trabalhos publicados (Adler & Crosskey 2012, Hamada & Adler 1999, Coscarón & Coscarón-Arias 2007 e Eaton et al. 1998). Dada a importância de disponibilizar informações sobre a distribuição das espécies, foram incluídas no checklist todas as localidades de ocorrência dentro do estado.

O material identificado foi confirmado pelo Dr. Mateus Pepinelli e será depositado no museu na coleção entomológica da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

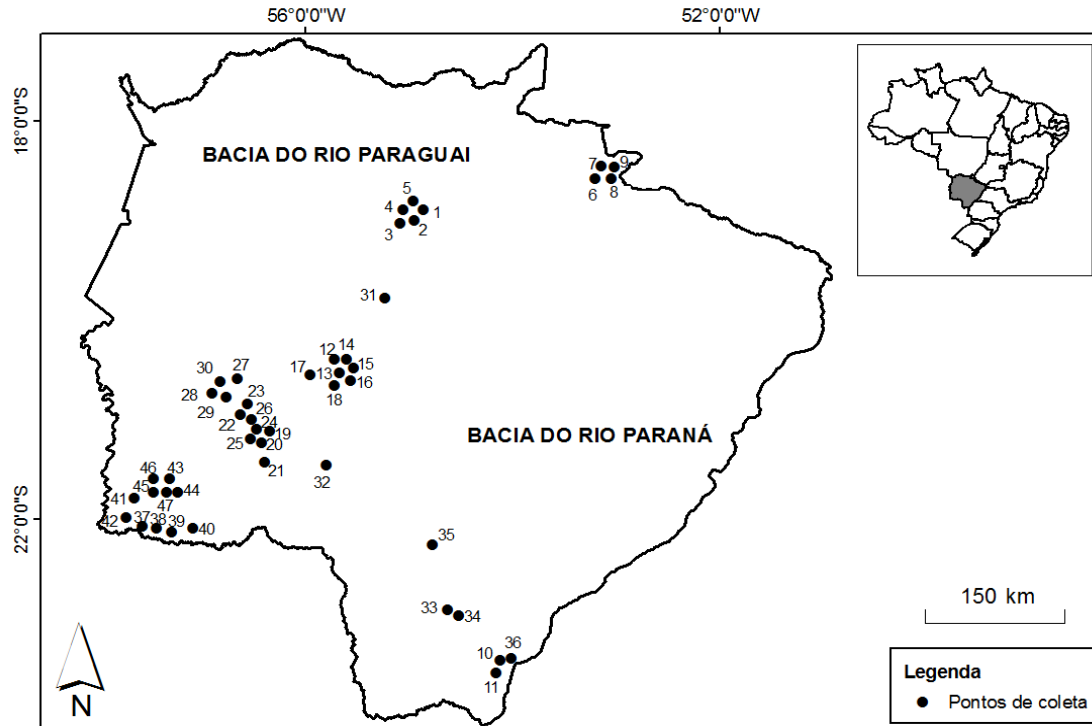


Figura1. Mapa dos 47 pontos de coleta no estado do Mato Grosso do Sul

Resultado e discussão

A partir da identificação dos espécimes coletados foram registradas 14 espécies de simúlídeos, duas delas sendo novas ocorrências para o estado: *S. dinellii* (Joan 1912) e *S. virescens* Hamada, Silva & Pereira 2012 (Tabela 1, como referência desta tabela ver Tabela 2). Outras, duas espécies que foram recentemente sinonimizadas (Hernandez et al. 2007, 2008) foram identificadas em nossas amostras: *Simulium subclavibranchium* Lutz 1910 sinonimizada em *Simulium subnigrum* Lutz 1910 e *Simulium acarayense* Coscarón & Wygodzinsky 1972 sinonimizada em *Simulium subpallidum* Lutz 1910, respectivamente. Assim como Gil-Azevedo et al. (2012), concordamos com as sinonimizações, mas consideramos que existem diferenças morfológicas e caracteres que diferenciam tais espécies e que se fazem necessários estudos com a utilização de cromossomos politênicos e análises moleculares para definir se consistem em duas ou mais espécies ou ainda se estamos tratando de complexos de espécies.

Dentre os novos registros de espécies, *S. dinellii* possui ampla distribuição geográfica com registros nas regiões Sudeste (São Paulo e Rio de Janeiro) e Sul (Santa Catarina) (Adler & Crosskey 2012). Já *S. virescens* foi descrita recentemente por Hamada et al. (2012) com registro único no Rio Correntina na região Oeste da Bahia.

Nosso dado amplia os registros de ocorrência da espécie em 5° graus de latitude em sentido a região Sul do Brasil, uma vez que a coletamos no rio Sucuriú, município de Costa Rica, Mato Grosso do Sul, na divisa com o estado de Goiás.

Das espécies registradas para o estado, *Simulium exiguum* Rouband 1906, *S. incrustatum* Lutz 1910, *S. oyapockense* Floch & Abonnenc 1946 são incriminadas de serem vetores da *Onchocerca volvulus* Leuckart na região da Amazônia e Roraima (Cerqueira 1959, Moraes & Chaves 1974, Shelley & Shelley 1976, Shelley et al. 1997; Shelley & Coscarón 2001) e recentemente Shelley et al. (2000, 2001) estudaram espécies de Simuliidae que são vetores potenciais de *O. volvulus* no município de Minaçu-Goiás, mas não há indícios dessas doenças para o estado de Mato Grosso do Sul. Já para a espécie *S. nigrimanum* Macquart 1983 há indícios de alta incidência de antropofilia desta espécie na região foco de Fogo Selvagem na aldeia Limão Verde, em Aquidauana, Mato Grosso do Sul (Eaton et al. 1998). No entanto, ainda é controverso a questão do pênfigo folíaceo como doença e também quanto à sua disseminação por simulídeos.

Dentre o total das espécies coletadas, as que possuem ampla distribuição geográfica no estado de Mato Grosso do Sul são *Simulium pertinax* Kollar 1832, *S. incrustatum*, *S. subnigrum*, *S. spinibranchium* Lutz 1910, *S. subpallidum*, *S. hirtipupa* Lutz 1910, *S. inaequale* Paterson & Shanon 1927 e *S. nigrimanum*, com ocorrência na maioria dos pontos amostrados, como pode ser visto na Tabela 1 e Tabela 2 como referência as localidades.

O fato do presente estudo ter aumentado o número de espécies registradas pode ser explicado principalmente pela escassez de estudos realizados no Mato Grosso do Sul. De acordo com Adler & Crosskey (2012), no Brasil a região Sudeste possui o maior número de espécies registradas (57), seguida pelas regiões Sul (44), Norte (42), Centro-Oeste (32) que com este trabalho aumenta para 34 e Nordeste (29). Com os novos registros, o estado de Mato Grosso do Sul possui a riqueza de espécies de Simuliidae semelhante ao estado de Espírito Santo, Amapá e Pará, mas ainda possui menos espécies em comparação com Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, cada um com 35, 37 e 52 espécies, respectivamente. Esperamos que com um maior esforço amostral, principalmente em áreas desprovidas de informações sobre esse grupo ou pouco amostradas, como as regiões leste, sudoeste, centro do estado e o norte, onde está localizada a borda pantaneira (área de transição do Cerrado-Pantanal), sejam coletadas

diferentes espécies de Simuliidae, aumentando ainda mais a diversidade conhecida para o Estado.

Tabela 1. Lista de espécies de Simuliidae do estado de Mato Grosso do Sul e localidades de ocorrência.
Gênero *Simulium* Latreille, 1802

Subgênero	Espécie	Localidade de Ocorrência
<i>(Chirostilbia)</i> Enderlein, 1821	<i>S. dekeyseri</i> Shelley & Py-Daniel, 1981	(*)
	<i>S. pertinax</i> Kollar, 1832	01, 02, 03, 04, 05, 06, 10, 25, 33
	<i>S. spinibranchium</i> Lutz, 1910	03, 05, 07, 14, 19, 30
	<i>S. subpallidum</i> Lutz, 1910	05, 07, 08, 09, 12, 18, 20, 21, 31, 32, 33, 35, 36, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47
<i>(Hemicnetha)</i> Enderlein, 1934	<i>S. rubrithorax</i> Lutz, 1909	14, 15, 19, 23, 28, 30
<i>(Inaequalium)</i> Coscarón & Wygodzinsky, 1984	<i>S. inaequale</i> Paterson & Shanon, 1927	09, 29, 35, 39, 44, 46, 47
	<i>S. subnigrum</i> Lutz, 1910	03, 04, 05, 06, 09, 12, 25, 28, 29, 33
<i>(Notolepria)</i> Enderlein, 1930	<i>S. exiguum</i> Roubaud, 1906	07
<i>(Psaroniocompsa)</i> Enderlein, 1934	<i>S. incrustatum</i> Lutz, 1910	01, 02, 04, 06, 10, 11, 13, 20, 32, 33, 34, 37, 38, 39, 43, 44
	<i>S. jujuyense</i> Paterson & Shannon, 1927	(*)
	<i>S. oyapockense</i> Floch & Abonnenc, 1946	38
	<i>S. siolii</i> Py-Daniel, 1988	(*)
<i>(Ectemnaspis)</i> Enderlein, 1934	<i>S. dinellii</i> Joan, 1912	06, 09, 17, 37
	<i>S. perflavum</i> Roubaud, 1906	09, 35, 36, 43, 46, 47
<i>(Psilopelmia)</i> Enderlein, 1934	<i>S. virescens</i> Hamada, Silva & Pereira, 2012	07

(<i>Trichodagmia</i>) Enderlein, 1934	<i>S. nigrimanum</i> Macquart, 1983	06, 11, 12, 15, 16, 20, 25, 32
(<i>Thyrsopelma</i>) Enderlein, 1934	<i>S. hirtipupa</i> Lutz, 1910	19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27
	<i>S. orbitale</i> Lutz, 1910	(*)

(*) espécie não coletada nesse estudo. Espécie registrada em Adler & Crosskey 2012.

Tabela 2. Corpos d'água amostrados com código de localidades de coletas e coordenadas geográficas.

Municípios	Corpos d'água	Cód. Localidades de Coletas	Coordenadas
Rio Verde do Mato Grosso	Rio Verde	1	18°56'15.47"S 54°53'55.32"W
Rio Verde do Mato Grosso	Rio Verde	2	18°56'15.3"S 54°54'07.3"W
Rio Verde do Mato Grosso	Córrego Cachoeira Bonita	3	18°56'33.3"S 54°53'54.3"W
Rio Verde do Mato Grosso	Rio Verde	4	18°56'15.4"S 54°54'55.0"W
Rio Verde do Mato Grosso	Córrego Sossego	5	18°55'46.28"S 54°54'39.84"W
Costa Rica	Córrego Ribeirão de Baixo	6	18°33'51.13"S 53°7'58.20"W
Costa Rica	Rio Sucuriú	7	18°26'2.79"S 53°2'22.54"W
Costa Rica	Cachoeira da Lage	8	18°31'19.26"S 53°0'42.74"W
Costa Rica	Córrego Lage	9	18°31'20.44"S 53°0'49.84"W
Itaquiraí	Córrego São Luiz	10	23°29'55.59"S 54°4'4.06"W
Itaquiraí	Córrego Itaquiraizinho	11	23°30'36.55"S 54°9'16.50"W
Aquidauana	Córrego Fundo (APP UEMS)	12	20°26'5.45"S 55°39'33.78"W
Aquidauana	Rio Aquidauana	13	20°29'1.28"S 55°38'28.92"W
Aquidauana	Córrego Morcego	14	20°27'3.28"S 55°37'18.49"W
Aquidauana	Córrego Paxixi	15	20°29'25.90"S 55°34'25.65"W
Aquidauana	Córrego das Antas	16	20°29'14.13"S 55°33'26.46"W
Aquidauana	Córrego Acogo	17	20°30'15.82"S 55°50'58.41"W

Aquidauana	Córrego Boeiro	18	20°30'33.26"S 55°39'27.37"W
Bonito	Rio Formoso	19	21° 9'30.41"S 56°25'29.00"W
Bonito	Rio Formosinho	20	21°10'2.45"S 56°26'15.86"W
Jardim	Rio da Prata	21	21°25'6.12"S 56°23'25.19"W
Bonito	Córrego Chapeninha	22	20°50'33.29"S 56°35'25.01"W
Bonito	Rio Chapena	23	20°49'57.85"S 56°33'12.22"W
Bonito	Rio Formoso	24	21°8'22.75"S 56°27'5.10"W
Bonito	Córrego Anhumas	25	21°11'21.01"S 56°31'31.17"W
Bonito	Rio Mimoso	26	20°59'17.78"S 56°30'44.57"W
Bodoquena	Rio Betione	27	20°34'56.28"S 56°39'4.46"W
Bodoquena	Córrego Gruta do Beija-flor	28	20°41'47.54"S 56°51'54.04"W
Bodoquena	Córrego afluente Ouro Fino	29	20°43'49.07"S 56°51'2.14"W
Bodoquena	Córrego da Caverna	30	20°42'15.45"S 56°50'59.00"W
Taboco	Córrego Gualheiros	31	19°46'24.29"S 55°13'59.78"W
Maracajú	Córrego Canindé	32	21°27'1.21"S 55°47'44.65"W
Jutí	Córrego Toco Seco	33	22°55'31.04"S 54°30'10.86"W
Jutí	Rio Bonito	34	22°53'54.18"S 54°33'33.13"W
Dourados	Pesqueiro Kanoas	35	22°14'51.91"S 54°45'59.26"W
Itaquiraí	Córrego Salvador	36	23°27'33.78"S 54°0'1.47"W
Porto Murтинho	Córrego Afluente do APA	37	22°10'5.30"S 57°31'12.70"W
Porto Murтинho	Cachoeira do APA	38	22°10'18.47"S 57°31'4.36"W
Porto Murтинho	Córrego Binguela	39	22° 9'49.09"S 57°31'34.70"W
Porto Murтинho	Córrego Jango Fundo	40	22° 4'59.14"S 57°14'40.33"W
Porto Murтинho	Córrego Mamonal	41	22°0'4.10"S 57°34'24.80"W
Porto Murтинho	Córrego Lapiá	42	21°57'12.70"S 57°35'55.70"W
Porto Murтинho	Córrego Piquenique	43	21°38'9.00"S 57°18'7.00"W

Porto Murтинho	Córrego Três Canos	44	21°40'30.60"S 57°17'44.70"W
Porto Murтинho	Córrego Cabrito	45	21°42'20.51"S 57°25'27.91"W
Porto Murтинho	Córrego Dobrado	46	21°42'23.01"S 57°25'49.34"W
Porto Murтинho	Córrego Triste	47	21°41'29.63"S 57°23'47.61"W

Referências bibliográficas

- ADLER, P.H., CURRIE, D.C. & WOOD, D.M. 2004. The Black Flies (Simuliidae) of North America. Cornell Univ. Press, Ithaca, NY.
- ADLER, P.H. & CROSSKEY, R.W. 2012. "World Black Flies (Diptera: Simuliidae): a comprehensive revision of the taxonomic and geographical inventory". <http://entweb.clemson.edu/biomia/pdfs/blackflyinventory.pdf> (último acesso em 13/08/2012).
- ALENCAR, Y.B., LUDWIG, T.A.V., SOARES, C.C. & HAMADA, N. 2001. Stomach content analyses of *Simulium perflavum* Roubaud 1906 (Diptera: Simuliidae) larvae from streams in Central Amazônia, Brazil. Mem. Inst. Oswaldo Cruz 96:561-576.
- CERQUEIRA, N.L. 1959. Sobre a transmissão de *Mansonella ozzardi* (I e II notas). Jor. Bras. Med. 1: 885-914.
- COSCARÓN, S. 1991. Fauna de água dulce de la República Argentina. Insecta, Diptera, Simuliidae. FECIC, Buenos Aires, Argentina.
- COSCARÓN, S. & COSCARÓN-ARIAS, C.L. 2007. Neotropical Simuliidae (Diptera: Simuliidae). In: Adis J, Arias JR, Rueda-Delgado G & Wantzen KM (eds.): Aquatic Biodiversity in Latin America (ABLA). Vol.3. Pensoft, Sofia-Moscow, 685pp.
- CROSSKEY, R.W. 1990. The Natural History of Blackflies. John Wiley & Sons (eds). The British Museum of Natural History, London, 711p.
- EATON, D.P., DIAZ, L.A., HANS-FILHO, G., SANTOS, V., AOKI, V., FRIEDMAN, H., RIVITTI, E.A., SAMPAIO, S.A.P., GOTTLIEB, M.S., GIUDICE, G.J., LOPEZ, A., CUPP, E.W. & THE COOPERATIVE GROUP ON FOGO SELVAGEM RESEARCH. 1998. Comparison of black fly species (Diptera: Simuliidae) on an Amerindian reservation with a high prevalence of Fogo Selvagem to neighboring disease-free sites in the state of Mato Grosso do Sul, Brazil. Journal Med. Entomol. 35(2):120-131.

- GIL-AZEVEDO, L.H, COSCARÓN, S. & MAIA-HERZOG, M. 2012. The phylogeny of *Simulium* (*Chirostilbia*) (Diptera: Simuliidae) and perspectives on the systematics of the genus in the Neotropical Region. Mem. Inst. Oswaldo Cruz 107(2):178-185.
- HAMADA, N. & ADLER, P.H. 1999. Cytotaxonomy of four species in the *Simulium perflavum* species group (Diptera: Simuliidae) from Brazilian Amazonia. System. Entomol. 24:273-288.
- HAMADA, N., SILVA, N.G. & PEREIRA, E.S. 2012. *Simulium* (*Psilopelmia*) *virescens*, a new black-fly species (Diptera: Simuliidae) from the southwestern region of the state of Bahia, Brazil. Mem. Inst. Oswaldo Cruz 107(1):102-110.
- HERNÁNDEZ, L.M., SHELLEY, A.J., LUNA-DIAS, A.P.A. & MAIA-HERZOG, M. 2007. Review of the Neotropical blackfly subgenus *Inaequalium* Coscarón & Wygodzinsky (Diptera: Simuliidae) based on adults and pupal morphology. Zootaxa 1649:1-96.
- HERNÁNDEZ, L.M., SHELLEY, A.J., LUNA-DIAS, A.P.A. & MAIA-HERZOG, M. 2008. Review of the Neotropical blackfly subgenus *Chirostilbia* Enderlein (Diptera: Simuliidae) based on adults and pupal morphology. Zootaxa 1834:1-100.
- MAIA-HERZOG, M., VALENTE, A.C.S., LUNA-DIAS, A.P., GIL-AZEVEDO, L.H. & MARCHON-SILVA, V. 2012. *Simulium* (*Chirostilbia*) *brunnescens* (Diptera: Simuliidae) – new species from the Brazilian Cerrado, Manso Dam, state of Mato Grosso, Brazil. Mem. Inst. Oswaldo Cruz 107(5):591-597.
- MORAES, M.A.P. & CHAVES, G.M. 1974. Oncocercose no Brasil. Novos achados entre os índios Ynanomamas. Bol. Ofic. do Panamá:1-5.
- PESSOA, F.A.C., RÍOS-VELÁSQUEZ, C.M. & PY-DANIEL, V. 2012. A new species of *Araucnephia* (Diptera: Simuliidae) from the Northeast Region of Brazil. Zootaxa 3343:31-41.
- SHELLEY, A.J. & COSCARÓN, S. 2001. Simuliid Blackflies (Diptera: Simuliidae) and ceratopogonid midges (Diptera: Ceratopogonidae) as vectors of *Mansonella ozzardi* (Nematoda: Onchocercidae) in northern Argentina. Mem. Inst. Oswaldo Cruz 96(4):451-458.
- SHELLEY, A.J., LOWRY, C.A., MAIA-HERZOG, M., LUNA-DIAS, A.P.A. & MORAES, M.A.P. 1997. Biosystematic studies on the Simuliidae (Diptera) of the Amazonia onchocerciasis focus. Bulletin of the Natural History Museum 66(1):1-120.
- SHELLEY, A.J., LUNA-DIAS, A.P.A., MAIA-HERZOG, M., LOWRY, C.A., GUARRITANO, P.R., PENN, M. & CAMARGO, M. 2001. *Simulium cuasiexiguum*, a

- new blackfly species (Diptera: Simuliidae) from the Minaçu Area in the State of Goiás, Central Brazil. Mem. Inst. Oswaldo Cruz 96:483-496.
- SHELLEY, A.J., MAIA-HERZOG, M., LOWRY, C.A., LUNA-DIAS, A.P.A., GUARRITANO, P.R., SHELLEY, A., CAMARGO, M. & CARTER, H.G. 2000. The Simuliidae (Diptera) of the secondary onchocerciasis focus at Minaçu in central Brazil. Bull. Nat. Hist. Mus. Entomol. ser. 69:171-221.
- SHELLEY, A.J. & SHELLEY, A. 1976. Further evidence for the transmission of *Mansonella ozzardi* by *Simulium amazonicum* in Brazil. Trop. Med. Parasit. Ann. 70(2):213-217.
- STRIEDER, M.N., SANTOS, J.E. & PÊS, A.M.O. 2002. Diversidade e distribuição de Simuliidae (Diptera, Nematocera) no gradiente longitudinal da bacia do rio dos Sinos, no Rio Grande do Sul, Brasil. Entomol. vectores 9(4):527-540.
- STRIEDER, M.N., SANTOS, J.E. & VIEIRA, E.M. 2006. Distribuição, abundância e diversidade de Simuliidae (Diptera) em uma bacia hidrográfica impactada no sul do Brasil. Rev. Bras. Entomol. 50(1):119-124.
- ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO DO MATO GROSSO DO SUL 2007. Contribuições Técnicas, Teóricas, Jurídicas e Metodológicas. Vol. I-III. <http://www.semac.ms.gov.br/zeems> (último acesso em 30/11/2012).

Capítulo II

O papel relativo de preditores ambientais e espaciais na riqueza de espécies comuns e raras de Simuliidae.

Nayara K. Zampiva¹, Fabio de O. Roque², Mateus Pepinelli³, Jorge F. S. de Menezes⁴, Neusa Hamada⁵ e Tadeu Siqueira⁶.

Correspondência: Nayara K. Zampiva, Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal da Grande Dourados, Rod. Itahum-Dourados, KM 12, Unidade II, Dourados-MS. Email: nayarazampiva@gmail.com

Introdução

Padrões de riqueza de espécies em gradientes de larga escala é um assunto bem estudado e documentado (Hawkins 2001, 2004), mas ainda é considerado um assunto em desenvolvimento. Mesmo com uma longa história de pesquisa, estudos macroecológicos, há várias hipóteses controversas que foram desenvolvidas durante essas últimas décadas. Muitas dessas hipóteses foram redundantes, não testáveis ou simplesmente não suportada por evidências empíricas (Bini et al. 2004).

A dificuldade em explicar padrões de riqueza de espécies em larga escala é devido ao fato de que a riqueza de espécies é uma variável “agregada”, geralmente obtida pela sobreposição de faixas geográficas, ou seja, extensões de ocorrência (Marquet et al. 2004). Esta sobreposição, por sua vez, pode incluir grupos de espécies com funções ecológicas distintas, de modo que as espécies e as sobreposições podem apresentar diferentes padrões geográficos e responder de forma diferente à variação ambiental (Terribile et al. 2009). Por isso, há vantagens no particionamento da riqueza de espécies em algumas características como, por exemplo: espécies comuns ou raras, tamanho do corpo, relação filogenética, capacidade de dispersão. Este princípio tem sido chamado de “desconstrução de comunidades”.

A abordagem de conjunto de espécies semelhantes foi utilizada por um longo tempo (Badgley & Fox 2000, Bhattarai & Vetaas 2003). Alguns trabalhos como de Marquet et al. (2004), Terribile et al. (2009) e Diniz-Filho et al. (2012), formalizaram a utilização de análises desconstrutivas, utilizando uma abordagem de que sub grupos de comunidades podem apresentar respostas mais semelhantes a processos ecológicos e a

fatores ambientais responsáveis pela extinção de espécies devido a antropização. Desse modo, é mais fácil interpretar os fatores que impulsionam a riqueza de espécies (Marquet et al. 2004).

Uma das questões que pode ser explorada sob essa perspectiva de desconstrução é sobre os processos predominantes que moldam as comunidades, se são os mesmos tanto para espécies raras como comuns. Este assunto é antigo na ecologia (Gaston 1994), mas tem sido revigorado no contexto de metacomunidade (Siqueira et al. 2012). Dois modelos têm sido propostos: Modelo i) espécies raras e comuns respondem de forma distinta a preditores ambientais e espaciais. Chase et al. (2005) sugerem investigar se as espécies raras são mais prováveis de ocorrer de acordo com as previsões da teoria neutra. Ou seja, “espécies raras podem ser mais afetadas pela deriva ecológica”. Seguindo este raciocínio, a primeira hipótese é de que as espécies comuns são principalmente afetadas por fatores ambientais e espécies raras por limitação de dispersão. Portanto, acreditam que os preditores ambientais desempenharão um papel importante para explicar a variação na composição de espécies comuns, ao passo que a composição de espécies raras está relacionada com os preditores espaciais (Siqueira et al. 2012).

A segunda hipótese do modelo “i” prediz o oposto e uma das principais explicações para a vulgaridade e raridade é que espécies raras exibem um nível mais elevado de especialização ambiental do que espécies comuns. Devido à variação espacial de fatores ambientais, as espécies generalistas seriam capazes de ocupar mais lugares e atingir maior abundância do que as especialistas (Brown 1984). A recente extensão empírica da metacomunidade mostra que os especialistas de habitat respondem principalmente aos preditores ambientais, enquanto generalistas de habitat respondem essencialmente aos preditores espaciais (Pandit et al. 2009).

Modelo ii) ambas espécies, raras e comuns, respondem aos mesmos conjuntos de preditores “ambientais e espaciais”. A necessidade de entender o papel de variáveis em larga escala envolvidas nos padrões de distribuição é enorme, principalmente para grupos de insetos em regiões tropicais, onde ainda temos fortes desafios lineanos e wallacianos, ou seja, ainda desconhecemos muitas espécies e suas distribuições (Bini et al. 2006). Neste estudo, nós avaliamos a riqueza de espécies de Simuliidae, usando o princípio de desconstrução extrema da riqueza de espécies comuns e raras (Marquet et al. 2004, Terribile et al. 2009b e Diniz-Filho et al. 2012), buscando entender o papel

relativo de preditores ambientais e espaciais, a partir dos Modelos i e ii citados anteriormente.

A escolha de Simuliidae como grupo-alvo se deve: I) um dos grupos de insetos aquáticos com taxonomia bem resolvida na região neotropical (Grillet & Barrera 1997, Hamada & Adler 1999, Hamada & McCreadie 1999, Hamada & Grillet 2001, Hamada et al. 2002, Adler et al. 2004, McCreadie et al. 2004, McCreadie et al. 2005), com cerca de 355 espécies descritas nesta região (Currie & Adler 2008, Adler & Crosskey 2012); II) descrição e identificação em nível de espécie; III) importância médico-veterinária; IV) importância aos processos ecológicos e V) um dos grupos de macroinvertebrados de extrema importância em sistemas lóticos, pois participam como filtradores da cadeia alimentar e são considerados como indicadores de qualidade ambiental (Cummins 1987).

Material e Métodos

Área de estudo

A Diagonal de Áreas Secas é classificada devido a ocorrência de um conjunto florístico e faunístico que vai da Caatinga e Cerrado ao Chaco. Esta área se estende do Nordeste do Brasil ao Noroeste da Argentina e inclui os biomas citados acima. Essa ampla faixa de clima sazonal, com restrição hídrica em parte do ano, apresenta uma variedade de formações de vegetação: vegetação aberta, na qual grande parte da luminosidade incidente atinge o solo e vegetação herbácea, com maior contraste ecológico e de composição de sua biota em relação às de vegetação floresta densa e fechada, típicas das florestas tropicais úmidas (Carvalho & Almeida 2010).

Em especial as diferenças entre estes tipos de vegetação inclui os níveis pluviométricos, o qual o Cerrado apresenta os maiores valores e é considerado “hotspot” da biodiversidade global, definido pela sua imensa diversidade, alta taxa de endemismo e as grandes ameaças humanas (Myers 2003, Mittermeier et al. 2005). Os dois pólos de maior aridez na diagonal área seca são a Caatinga, isolada entre áreas mais chuvosas, e o Chaco, vizinho a áreas mais úmidas a leste e oeste, mas representa o ponto extremo a nordeste de um conjunto de áreas secas denominadas Diagonal Arreica, contíguo ao deserto do Monte, na Argentina (Carvalho & Almeida 2010).

Os padrões climáticos também são muito distintos, incluindo áreas de pluviosidade acima de 2.000mm anuais e áreas próximas à Caatinga com menos de 650mm anuais. Ocorre também em locais próximos do Cerrado e florestas secas, com sutis variações de estrutura de solo ou com diferentes níveis de acúmulo de água. O Cerrado se encontra majoritariamente sobre o Planalto Central Brasileiro, em locais com 500 a 1.200m de altitude e os solos quase sempre mais intensamente derivados, ácidos e pobres em nutrientes em comparação à Caatinga e ao Chaco, além de apresentar elevada concentração de alumínio, que é tóxico para plantas (Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 2006).

As paisagens típicas de Caatinga e Chaco correspondem as terras baixas, na primeira, em geral, regressões interplanálticas de solos rasos e pedregosos, com lençol freático de distribuição restrita, mas com setores de solo sedimentar. O Chaco se encontra em uma planície mais uniforme, que corresponde a sedimentos finos transportados pelo vento, profundos e compactado. Quase sem rochas, dificulta a infiltração de água e deixa o lençol freático usualmente fora do alcance das raízes das plantas. A Caatinga e o Cerrado são tipicamente tropicais com temperatura relativamente alta o ano todo. O Chaco, em posição subtropical, apresenta grande variação anual e exibe as temperaturas mais altas do continente no verão, enquanto no inverno ocorrem geadas frequentes (Pennington et al. 2000).

Construção do banco de dados e estimativa da riqueza de espécies

Geramos uma lista de espécies de Simuliidae, com base em 1324 pontos de registros de espécies e 459 pontos amostrados. Este banco de dados foi construído sob a identificação dos materiais de Simuliidae coletados desde 1999 a 2012 pelo grupo de pesquisa da Dra. Neusa Hamada (INPA – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia), dados do Dr. Mateus Pepinelli (UFSCar – Universidade Federal de São Carlos) e dados de coletas da Mestranda Nayara Karla Zampiva realizadas no estado de Mato Grosso do Sul (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade - Univ. Fed. da Grande Dourados – UFGD). Esse conjunto de dados representa um dos maiores e mais sistematizado banco de dados de ocorrência e distribuição de espécies de invertebrados aquáticos da América do Sul, contendo coordenadas geográficas precisas para a ocorrência das espécies.

As amostragens no estado de Mato Grosso do Sul ocorreram nos meses de setembro de 2011 a maio de 2012, foram realizadas em 47 pontos, distribuídos nas duas grandes bacias hidrográficas do estado: Bacia do Rio Paraná e Bacia do Rio Paraguai, abrangendo as sub-bacias: Rio Verde, Amambai, Brilhante, Aquidauana e Apa. Apenas uma coleta foi realizada em cada local (ponto). As áreas foram georreferenciadas através de receptores GPS (Global Positioning System) de navegação.

Já os dados do grupo de pesquisa da Dra. Neusa Hamada – INPA, contém amostras dos estados de Mato Grosso, Goiás, Distrito Federal, Minas Gerais, Tocantins, Maranhão, Piauí e Bahia, dos anos de 1999 a 2012. Os dados fornecidos pelo pesquisador Dr. Mateus Pepinelli foram realizados em São Paulo nos anos de 2003 a 2009. Todos esses materiais passaram pelos mesmos métodos típicos de coleta de Simuliidae e foram identificados por especialistas. O material coletado no estado de Mato Grosso do Sul será tombado na coleção entomológica da Universidade Federal da Grande Dourados.

As extensões de ocorrência foram geradas através do método de mínimos polígonos convexos das 59 espécies de Simuliidae, as ocorrências foram mapeadas com uma resolução espacial de 1° latitude/longitude, com um total de 418 células cada uma contendo pelo menos uma espécie, esta malha de células (grid) cobre nossa área de estudo. A riqueza de espécies foi definida pelo número de espécies cujas distribuições se sobreponham a uma dada célula. A escolha de uma resolução (*grain size*) (Rahbek & Graves 2000, Rahbek 2005) em trabalhos de macroecologia é, em geral, arbitrária e dependente dos objetivos do estudo (Rondinini et al 2006). A resolução utilizada neste estudo é baseada em trabalhos de Diniz-Filho et al. (2006), Diniz-Filho et al. (2009), Terribile et al. (2009), Terribile & Diniz-Filho (2009) e Diniz-Filho et al. (2012) que usam essa faixa de resolução para grupos diversos como anfíbios, répteis, aves e mamíferos.

Preditores ambientais

Foram utilizados sete preditores ambientais (E) para analisar riqueza de Simuliidae: (1) Temperatura média anual (Tem.M.A.), (2) Sazonalidade de temperatura (Saz.Tem.), (3) Temperatura mínima do mês mais frio (Tem.Min.), (4) Precipitação anual (Precip.A.), (5) Sazonalidade de precipitação (coeficiente de variação) (Saz.Precip.), (6) Variação média de altitude (Var.M.Alt.), (7) Produtividade média

primária (Prod.M.prim.). Todos os preditores ambientais foram obtidos no Worldclim, gratuitamente disponível (<http://www.worldclim.org>).

Preditores espaciais

Nós usamos uma abordagem de filtragem espacial (Diniz-Filho & Bini 2005, Griffith & Peres-Neto 2006) para gerar preditores espaciais (S). Esta abordagem, anteriormente chamada de Coordenadas principais das Matrizes vizinhas (PCNM), é semelhante para outras análises de filtragem espaciais que agora são chamados de MEM (Mapas autovetores de Moran; Griffith & Peres-Neto 2006). MEM basearam-se numa matriz de distância euclidiana que foi obtida através do nosso sistema de grid (células), ligando as células vizinhas, cujo centróide está situado a 110km de distância (ver Legendre & Legendre 1999).

Esta matriz de distância foi então submetida a uma análise de coordenadas principais, em que os eixos (autovetores) são linearmente correlacionados. De todo o conjunto de autovetores, selecionamos aqueles associados com valores próprios positivos e com coeficiente Moran's $I > 1$ a distância de 0.5 km, usamos este coeficiente porque representa autocorrelação espacial positiva (Dray et al. 2006).

Estes autovetores (a partir de agora denominados como filtros espaciais-SF) foram usados como preditores “espaciais” explicativos em nossas análises. Os filtros espaciais (SF) com autovalores elevados (por exemplo, o primeiro ou o vetor próprio eixo, que designamos SF1) representam padrões em larga escala das relações entre os locais de amostragem, enquanto que os associados com autovalores baixos representam escalas padrões (Griffith & Peres-Neto 2006).

Além disso, as variáveis espaciais podem ser usadas como variáveis explicativas, por duas razões principais. Primeiro, pode ser interessante filtrar a variação devido a estruturas espaciais, no pressuposto de independência (Peres-Neto & Legendre 2010). Segundo, analisar o componente espacial das comunidades para obter pistas sobre sua origem. Neste último caso, essas variáveis espaciais, podem ser vistas como representantes de estruturas espaciais geradas por processos bióticos, tais como, a dispersão (Dray et al. 2006).

Resumindo nós selecionamos os filtros espaciais, com coeficiente Moran's $I > 1$ a distância a 0,5 km (ver Griffith 2003, Diniz-Filho & Bini 2005) e acrescentamos estes

autovetores para o modelo de regressão múltipla com os preditores ambientais (anexo Tabela 2).

Variáveis dependentes: desconstrução da riqueza de espécies

A partir da frequência de ocorrência das espécies nas células, elas foram ordenadas das mais comuns para as mais raras. Posteriormente, a riqueza de espécies foi desconstruída gradativamente retirando, sem reposição, as espécies comuns a raras. Analisamos a definição de espécies comuns e raras sob um método grosseiro de ponto de inflexão (Siqueira et al. 2012). Classificamos a frequência de ocorrência de espécies nas células, utilizando a região da curva na qual foi alterada, então, determinamos o ponto onde separam espécies comuns e raras. É importante observar que a frequência de ocorrência de espécies nas células não foi dada em escala logarítmica, como é a maneira usual de apresentar a curva de classificação (Magurran 2004). Usamos a frequência de ocorrência, ou seja, o número de células ocupadas, para enfatizar as diferenças entre espécies comuns e raras. Em seguida, visualmente, definimos o ponto de inflexão da curva de espécies no gráfico, classificados ao lado esquerdo como espécies comuns e ao lado direito como espécies raras, usando o programa excel 2010.

Papel relativo de preditores ambientais e espaciais na riqueza desconstruída

Análise estatística:

Para avaliar a relação dos preditores ambiente (E) e espaço (S), e a riqueza de espécies (gerada a partir da desconstrução extrema das espécies), utilizamos a técnica de partição de variância baseado em análise de regressão múltipla (Legendre & Legendre 1999).

A análise mediu a variação percentual nos dados de espécies que podem ser atribuídos exclusivamente por variáveis ao ambiente (E) ou do espaço (S). Os diferentes componentes da explicação foram: componente ambiental puro [a], componente espacial puro [b], fração compartilhada por E+S [c] e a fração residual não explicada por (E) e (S) [d] (Peres-Neto et al. 2006) (anexo Tabela 2).

As análises estatísticas como PCNM, partição de variância e regressão múltipla foram calculadas com SAM v4.0-Análise Espacial em Macroecologia “Spatial Analysis

in Macroecology”, disponível em <http://www.ecoevol.ufg.br/sam> (Rangel et al. 2010). As tabelas de análises estatísticas podem ser solicitadas aos autores.

Resultados

Um total de 59 espécies de Simuliidae foi identificado (anexo Tabela 1). A ocorrência das espécies nas células variou de uma a 27 espécies (Figura 1).

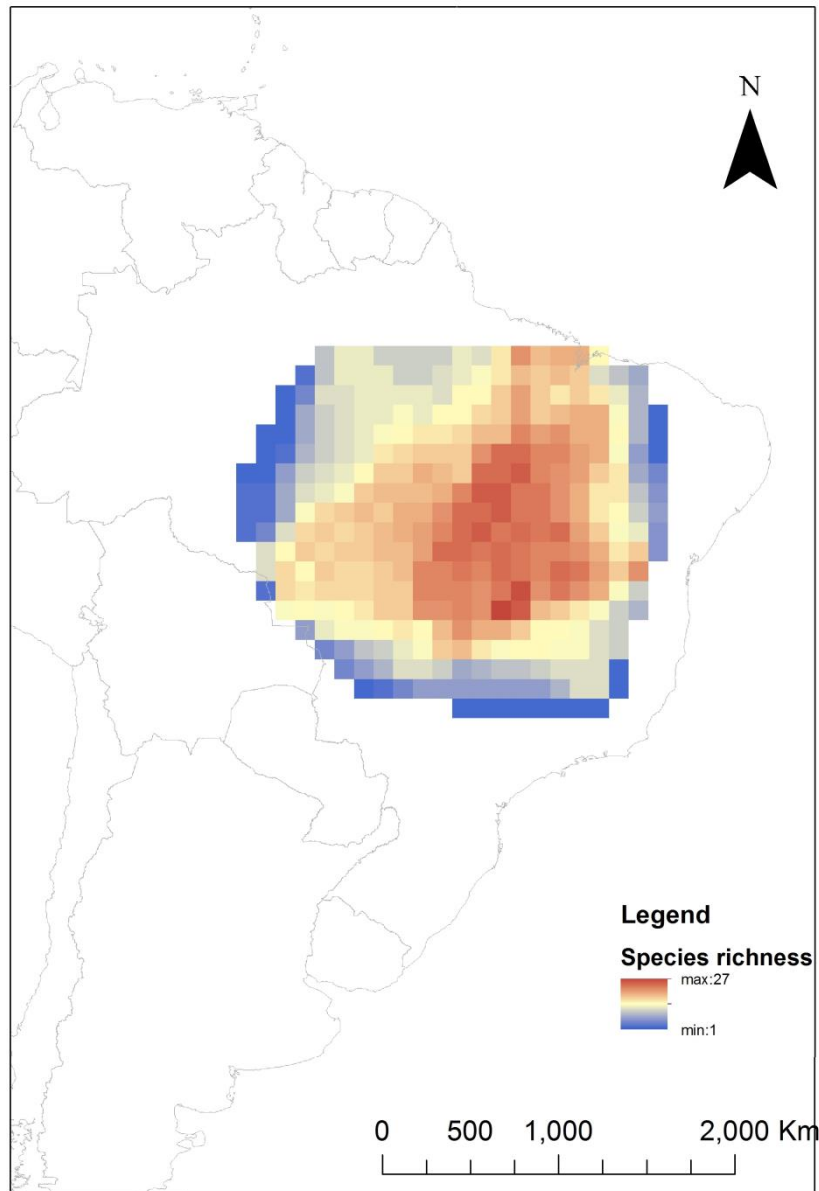


Figura 1. Mapa com grid das 418 células na diagonal de áreas secas da América do Sul.

No resultado de frequência de ocorrência de espécies, obtivemos *Simulium perflavum*, *Simulium subpallidum*, *Simulium subnigrum*, *Simulium inaequale* e *Simulium pertinax* entre outras, com maior frequência, classificadas como espécies comuns. Mas a maioria das espécies como *Simulium lobatoi*, *Simulium scutistriatum*,

Simulium anamarie, *Simulium botulibranchium*, *Simulium jefersoni*, *Simulium cerradense*, *Simulium bipunctatum*, *Simulium cauchense*, *Simulium ochraceum*, *Simulium stellatum* e demais possuem menor frequência, entendidas como espécies raras (Figura 2) (anexo gráfico 1).

Quanto aos preditores, o componente de ambiente puro [a] explicou uma média de 10%, relativamente constantes em quase todas as riquezas de espécies. Já o componente espacial puro [b] teve explicação significativa apenas na riqueza com espécies comuns, entre a R4 e a R18 (sigla para riqueza desconstruída das espécies mais frequentes para as menos frequentes) com mais de 30%, mas ele decaí gradativamente em espécies raras, chegando ter resultados abaixo de 10% em espécies raras. O papel relativo de ambiente (E) + espaço (S) [c] foi predominante na explicação da riqueza de espécies comuns, com uma média de 30% de Rt a R21, e não houve explicação na riqueza desconstruída, ou seja, de espécies raras. Já o componente residual não explicado [d] aumentou com a declinação dos preditores que não houve explicação de outros componentes e com a desconstrução da riqueza de espécies (Figura 3) (anexo gráfico 2).

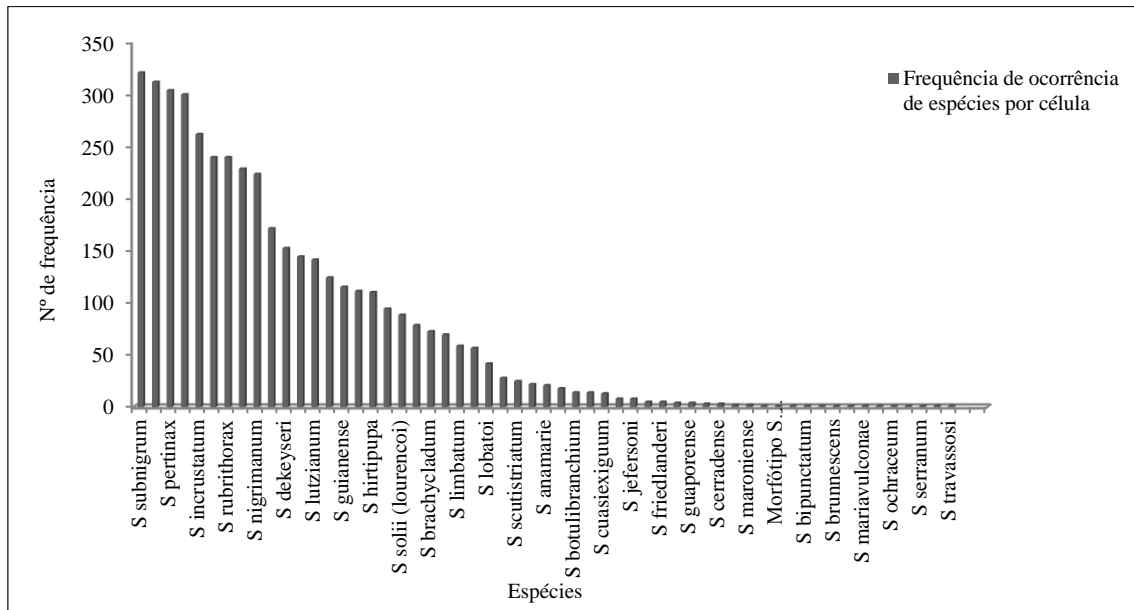


Figura 2. Frequência de ocorrência das espécies nas células (grid) situadas a esquerda simulídeos comuns e a direita raros. Não estão representadas todas as espécies, devido a dimensões do gráfico (ver, o gráfico original nos anexos).

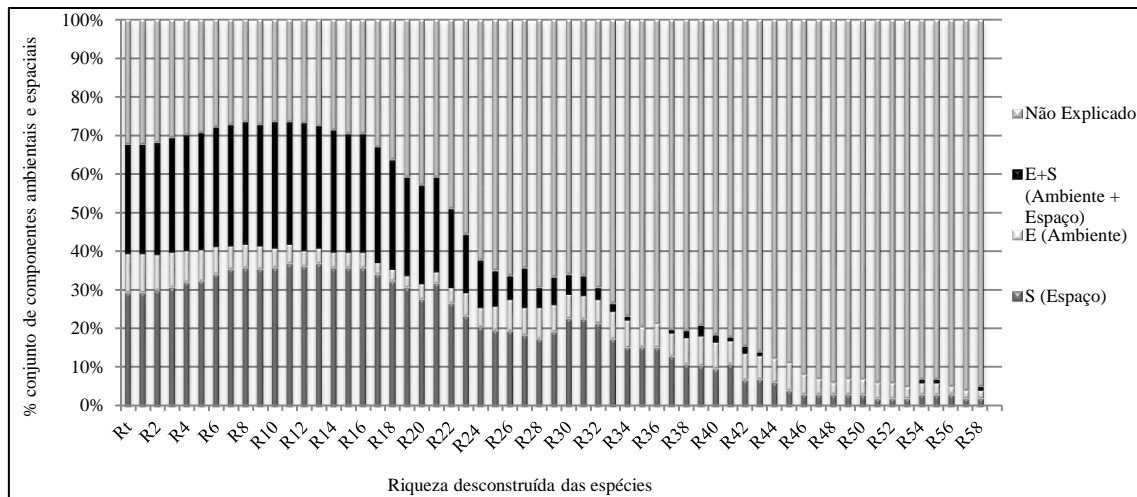


Figura 3. Riqueza desconstruída a partir da riqueza total (R_1) até riqueza desconstruída das 59 espécies (R_{59}), com relação aos preditores. As siglas $R_1, R_2, \dots, R_{57}, R_{58}, R_{59}$ são referentes a riqueza desconstruída das espécies mais frequentes para as espécies com menor frequência de ocorrência, desconstrução das espécies sem reposição das mesmas (ver, o gráfico original em anexos).

Discussão

Nosso resultado evidencia o padrão “o comum é ser raro” (Gaston 2011), em outras palavras, na natureza a maioria das espécies possui baixa abundância ou possui distribuição restrita. Dois modelos tentam explicar este padrão: primeiro, a distribuição das espécies é considerada uma consequência de processos estocásticos e, segundo, é considerada uma consequência de diferenças de atributos ecológicos influenciados pelo ambiente. Recentemente, estes dois modelos têm sido vistos como extremos de um contínuo de influência de fatores estocásticos e determinísticos na estruturação de comunidades (Logue et al. 2011, Winegardner et al. 2012). Neste sentido, nosso estudo demonstra claras diferenças na parcela de explicação de conjuntos de variáveis ambientais e espaciais na distribuição da riqueza de espécies de simúlídeos comuns e raros.

As espécies de Simuliidae comuns na diagonal de áreas secas da América do Sul (por exemplo: *Simulium perflavum*, *Simulium subnigrum*, *Simulium subpallidum*, *Simulium inaequale*, *Simulium spinibranchium*, *Simulium oyapockense*, *Simulium incrustatum*, *Simulium rubrithorax*, *Simulium jujuyense* e *Simulium nigrimanum*) também são amplamente registradas em estudos na Mata Atlântica (Gil-Azevedo & Maia-Herzog 2009, Pepinelli 2011) e algumas também na Amazônia (e.g. Hamada & Adler 2001). Entretanto, nestas regiões, compostas por paisagens florestadas, algumas dessas espécies comuns são predominantes em áreas antropizadas ou modificadas

(Pepinelli 2008). Numa perspectiva de metacomunidade (Leibold et al. 2004), podemos hipotetizar que este padrão supracitado pode ser atribuído a uma dinâmica envolvendo fonte-sumidouro, ou seja, as fontes no nosso caso seriam as formações abertas (Cerrado, Chaco e Caatinga) onde mantém a dispersão de espécies para outras áreas adjacentes (florestadas ou antropizadas), as quais constituem o sumidouro (pois as espécies são extintas a uma taxa maior do que nascem, ver Mouquet & Loreau 2003).

Em relação as espécies raras, muitas são restritas a regiões montanhosas. Habitats de montanha podem ser *hotspots* de endemismo, riqueza de espécies e diversidade genética intraespecífica (Warshall 1999, Taubmann *et al.* 2011). McCreadie & Adler (2008), em seu trabalho de distribuição espacial de espécies raras de simuliídeos em sistemas lóticos nos EUA, sugerem que a dispersão pode ser um fator limitante para espécies raras. Em nosso estudo, espécies extremamente raras em termos de frequência de ocorrência (exemplo: *Simulium margaritatum* e *Simulium jefersoni*) ocorreram somente em áreas montanhosas na região da Bahia. O potencial processo subjacente a este padrão pode ser o isolamento, as mudanças de habitat e clima ocorrido nas montanhas da diagonal de áreas secas da América do Sul o que pode ter gerado oportunidades de especiação. Entretanto, novos estudos devem ser realizados para diferenciar o papel de fatores históricos e contemporâneos na distribuição de Simuliidae na região Neotropical.

O papel de preditores espaciais e ambientais na riqueza desconstruída

Uma abordagem para entender os determinantes na variação espacial da riqueza de espécies é decompor os padrões globais de riqueza para diferentes grupos de espécies e analisar como as distribuições das espécies individuais se combinam para produzir a variação total e o papel de preditores na explicação desta variação. Trabalhos sobre padrões de riqueza, envolvendo esta abordagem no contexto da riqueza comuns-raras têm gerado resultados distintos em relação ao papel de variáveis ambientais e espaciais. Por exemplo, alguns autores consideram que as parcelas de explicação de variáveis ambientais e espaciais mudam para conjuntos de espécies comuns e raras (Jetz & Rahbek 2002, Rahbek et al. 2007, Lennon et al. 2011), enquanto outros têm sugerido que o papel é o mesmo (Heino & Soininen 2010, Siqueira et al. 2012). Em nosso estudo, evidenciamos dois padrões principais: i) uma constante contribuição do componente [a] puro tanto para a riqueza de espécies comuns quanto de raras e ii)

diminuição gradativa do componente [c] e [b] no gradiente riqueza de espécies comuns-raras.

Alguns estudos têm sugerido que a riqueza calculada, usando espécies com diferentes *ranges* de distribuição, possuem diferentes padrões geográficos, sendo que a riqueza de espécies de ampla distribuição apresenta forte correlação com variáveis ambientais enquanto a riqueza de espécies raras é mais randomicamente distribuída no espaço (Jetz & Rahbek 2002, Rahbek et al. 2007). Em nosso estudo, embora a parcela ambiental não tenha sido elevada ao longo da desconstrução (~10%), ela manteve-se relativamente constante, indicando que o papel do ambiente desvinculado do espaço não se modifica ao longo do gradiente de riqueza comum-raro. Isto não significa que os mesmos fatores explicam a desconstrução de riqueza comum-raro, uma vez que algumas espécies podem responder positivamente e outras negativamente as variáveis ambientais (Lennon et al. 2011, Siqueira et al. 2012).

Nosso resultado é de certa forma surpreendente, pois os padrões de riqueza de espécies raras são relativamente mal explicados por fatores ambientais (Lennon et al. 2011). Em geral, estudos envolvendo riqueza de Simuliidae têm detectado parcela de explicação ambiental superior aquela encontrada em nosso estudo, variando de 19% (Hamada et al. 2002) a 53% (McCreadie et al. 2005), esta diferença pode estar relacionada ao uso de diferentes preditores. Em nosso estudo usamos principalmente as métricas na escala de paisagem enquanto estudos prévios têm avaliado principalmente variáveis em escala local. O uso de variáveis locais sem controle da parcela espacial (ver Legendre 1993) pode ter supervalorizado o papel de variáveis ambientais enquanto o uso de variáveis de paisagem pode ter subvalorizado o papel do ambiente, por não considerar filtros locais importantes, como substrato (Hamada et al. 2002, McCreadie et al. 2005, McCreadie & Adler 2008, Landeiro et al. 2009).

Neste contexto, nosso estudo estende para a região Neotropical a discussão de baixo poder preditivo de variáveis da paisagem na compreensão da estrutura da comunidade de macroinvertebrados em riachos (Heino et al. 2007, Pyne et al. 2007). Há muitas explicações para o baixo poder preditivo de gradientes de paisagem para insetos aquáticos: i) alguns gradientes ambientais em escala de paisagem podem não ser forte o suficiente para gerar respostas biológicas (Heino et al. 2007); ii) as variáveis preditoras utilizadas podem não representar processos importantes e mecanismos (em escala apropriada) da comunidade avaliada (Heino et al. 2007, Pyne et al. 2007) e iii) estrutura da comunidade de macroinvertebrados aquáticos podem responder a múltiplos fatores

de diferentes escalas, incluindo as locais. Em nosso caso, acreditamos que a explicação mais plausível seja a falta de variáveis em múltiplas escalas, uma vez que modelos de distribuição de insetos aquáticos, incluindo filtros em diferentes escalas, têm sido mais explicativos que modelos baseados em uma única escala (Roque et al. 2010).

Nosso estudo mostrou o papel predominante do componente [c] na explicação de riqueza de espécies comuns. Em geral, este resultado indica que o papel de variáveis ambientais na riqueza de Simuliidae na diagonal de áreas secas da América do Sul não atua randomicamente no espaço. Isto pode ser um caso típico de variação espacial induzida, em que a estrutura espacial dos fatores ambientais produz uma estrutura espacial semelhante nos dados de resposta (Borcard et al. 2011). Isto significa que as variáveis de paisagens mensuradas em nosso estudo não estão aleatoriamente distribuídas na diagonal de áreas secas no Brasil, provavelmente, variáveis como altitude e precipitação estão fortemente relacionadas à posição geográfica de montanhas. Este resultado adiciona evidências para o crescente número de trabalhos que clamam para a importância de se considerar o componente espacial e ambiental em estudos de sistemas lóticos (ver Roque et al. 2010, Heino & Soinen 2010, Siqueira et al. 2012).

A elevada quantidade de variação não explicada do componente [d], principalmente para as riquezas com maior contribuição de espécies raras pode ser parcialmente atribuída a: i) consequência de processos estocásticos relacionados com características ecológicas de habitats e a relação entre as espécies (Gaston 2011); ii) a falta de variáveis ambientais importantes para a explicação de riqueza de espécies de Simuliidae; iii) o ruído atribuído aos efeitos de escala e amostragem (extensão espacial e escala do tempo que usamos neste estudo) ou a combinação de todos esses fatores (Nabout et al. 2009). Além disso, é importante notar que parte deste resultado pode estar relacionado a artefatos de análise.

Tipicamente, as espécies raras aparecem em poucas ou até mesmo apenas em uma área, e, portanto, elas são caracterizadas por poucos ou até mesmo por apenas um registro de ocorrência. Em outras palavras, elas transportam informações só por alguns locais para prever a riqueza geral de espécies. Por outro lado cada espécie comum aparece em muitas áreas e, assim, contribui para muitas informações locais. Essa disparidade torna-se de suma importância, pois o poder de análises, como regressões parciais usadas neste trabalho, é reduzido com matrizes infladas por zeros (Poos & Jackson 2012).

O papel de fatores históricos e biogeográficos na distribuição de riqueza de espécies tem sido amplamente debatido. Neste sentido, é essencial o entendimento do papel do conservadorismo filogenético nos padrões de abundância e distribuição. Embora, não exista disponível uma filogenia completa que envolva todas as espécies Neotropicais, o que limita o nosso entendimento do papel histórico e biogeográfico nos padrões contemporâneos de distribuição das espécies, existem alguns trabalhos que tratam da filogenia de determinados grupos. Apenas como exemplo, dentre as espécies mais comuns em nosso estudo temos grupos filogeneticamente próximos como *S. pertinax* e *S. dekeyseri*, *S. nigrimanum* e *S. rubrithorax* e grupos distantes como *S. perflavum* e *S. subnigrum*, *S. incrustatum* e *S. lutzianum*, o que adiciona mais evidências do baixo poder de previsibilidade de modelos baseados em conservadorismo filogenético para explicar padrões de raridade de espécies (Gaston 2011).

Com base em nosso estudo, o uso do princípio de desconstrução de espécies pode ser útil para desvendar os diferentes processos que atuam nas variadas escalas dos padrões globais de riqueza de espécies. E analisar as distribuições das espécies individuais de como se relacionam usando o critério de espécies comuns-raras de Simuliidae, desta forma podemos entender o papel de preditores ambientais e espaciais na explicação deste padrão de riqueza. Este estudo fornece os primeiros passos para este critério de espécies comuns e raras, isso nos leva a assumir que é necessário trabalhos mais minuciosos para insetos aquáticos, no sentido de abranger escalas locais e escalas de paisagens para explicar ao certo os padrões de riqueza de espécies.

Referências Bibliográficas

- Adler, P.H., Currie, D.C. & Wood, D.M. (2004) The Black Flies (Simuliidae) of North America. *Cornell University Press*, Ithaca, New York.
- Adler, P.H. & Crosskey, R.W. (2012) World Black Flies (Diptera: Simuliidae): a comprehensive revision of the taxonomic and geographical inventory. <http://entweb.clemson.edu/biomia/pdfs/blackflyinventory.pdf> (ultimo acesso em 01/04/2013).
- Badgley, C. & Fox, D.L. (2000) Ecological biogeography of North American mammals: species density and ecological structure in relation to environmental gradients. *Journal of Biogeography*, **27**, 1437-1467.

- Bini, L.M., Diniz-Filho, J.A.F. & Hawkins, B.A. (2004) Macroecological explanations for differences in species richness gradients: a canonical analysis of South American birds. *Journal of Biogeography*, **31**, 1819–1827.
- Bini, L.M., Diniz-Filho, J.A.F., Rangel, T.F.L.V.B., Bastos, R.P. & Pinto, M.P. (2006) Challenging Wallacean and Linnean shortfalls: knowledge gradients and conservation planning in a biodiversity hotspot. *Diversity and Distributions*, **12**, 475–482.
- Bhattarai, K.R. & Vetaas, O.R. (2003) Variation in plant species richness of different life forms along a subtropical elevation gradient in the Himalayas, east Nepal. *Global Ecology and Biogeography*, **12**, 327-340.
- Borcard, D., Gillet, F. & Legendre, P. (2011) Numerical ecology with R. Springer, Springer New York Dordrecht London Heidelberg.
- Brown, J.H. (1984) On the relationship between abundance and distribution of species. *American Naturalist*, **124**, 255-279.
- Carvalho, C.J.B. & Almeida, E.A.B. (2010) Biogeografia da América do Sul: Padrões & Processos. São Paulo Ed. Roca, cap. **13**, 198–220pp.
- Chase, J.M., Amarasekare, P., Cottenie, K., Gonzalez, A., Holt, R., Holyoak, M., Hoopes, M., Leibold, M., Loreau, M., Mouquet, N., Shurin, J. & Tilman, D. (2005). Competing theories for competitive metacommunities. *Metacommunities* (eds M. Holyoak, M. Leibold & R. Holt). *University of Chicago Press*, IL (in press).
- Cummins, K.W. (1987) The functional role of black flies in stream ecosystems. In: Kim KC, Merritt RW (eds.). *Black Flies: Ecology, population management and annotated world list*. *The Pennsylvania State University*. University Park: 1-10 pp.
- Currie, D.C & Adler, P.H. (2008) Global diversity of black flies (Diptera: Simuliidae) in freshwater. *Hydrobiologia*, **595**, 469–475.
- Diniz-Filho, J.A.F. & Bini, L.M. (2005) Modelling geographical patterns in species richness using eigenvector-based spatial filters. *Global Ecology and Biogeography*, **14**, 177-185.
- Diniz-Filho, J.A.F., Bini, L.M., Pinto, M.P., Rangel, T.F.L.V.B., Carvalho, P. & Bastos, R.P. (2006) Anuran species richness, complementarity and Conservation conflicts in Brazilian Cerrado. *Acta Oecologica*, **29**, 9-15.

- Diniz-Filho, J.A.F., Bini, L.M., Oliveira, G., Barreto, B.S.B., Silva, M.M.F.P., Terribile, L.C., Rangel, T.F.L.V.B., Pinto, M.P., Sousa, N.P.R., Vieira, L.C.G., Melo, A.S., Júnior, P.D.M., Vieiras, C.M., Blamires, D., Bastos, R.P., Carvalho, P., Ferreira, L.G., Telles, M.P.C., Rodrigues, F.M., Melo e Silva, D., Silva Jr. N.J. & Soares, T.N. (2009) Macroecologia, Biogeografia e Áreas Prioritárias para Conservação no Cerrado. *Oecologia Brasiliensis*, **13**, 470-497.
- Diniz-Filho, J.A.F., Rangel, T.F. & Santos M.R. (2012) Extreme deconstruction supports niche conservatism driving New World Bird diversity. *Acta Oecologica*, **43**, 16-21.
- Dray, S., Legendre, P. & Peres-Neto, P.R. (2006) Spatial modelling: A comprehensive framework for principal coordinate analysis of neighbour matrices (PCNM). *Ecological Modelling*, **196**, 483–493.
- Gaston, K.J. (1994) Rarity: Population and Community Biology Series 13. *Chapman and Hall*.
- Gaston, K.J. (2011) Common Ecology. *BioScience*, **61**, 354-362.
- Gil-Azevedo, L.H. & Maia-Herzog, M. (2009) Espécies de Simuliidae (Diptera) registradas no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Arquivo do Museu Nacional*, Rio de Janeiro, **67**, 3-4, p. 349-354.
- Gottsberger, G. & Silberbauer-Gottsberger, I. (2006) Life in the Cerrado - a South American Tropical Seasonal Ecosystem. Origin. Structure and plant use. Ulm: Reta Verlag, v. I, 277p.
- Griffith, D.A. (2003) Spatial Autocorrelation and Spatial Filtering. Gaining Understanding Through Theory and Visualization. *Springer-Verlag*, Berlin.
- Griffith, D.A. & Peres-Neto, P.R. (2006) Spatial modeling in ecology: the flexibility of eigenfunction spatial analyses. *Ecology*, **87**, 2603-2613.
- Grillet, M.E. & Barrera, R. (1997) Spatial and temporal abundance, substrate partitioning and species co-occurrence in a guild of Neotropical blackflies (Diptera: Simuliidae). *Hydrobiologia*, **345**, 197-208.
- Hamada, N. & Adler, P.H. (1999) Cytotaxonomy of our species in the *Simulium perflavum* species group (Diptera: Simuliidae) from Brazilian Amazonia. *Systematic Entomology*, **24**, 273–288.
- Hamada, N. & Adler, P.H. (2001) Bionomia e chave para imaturos e adultos de *Simulium* (Diptera: Simuliidae) na Amazônia Central, Brasil. *Acta Amazonica*, **31**, 109-132.

- Hamada, N. & Grillet, M.E. (2001) Black flies (Diptera: Simuliidae) of the Gran Sabana (Venezuela) and Pacaraima Region (Brazil): distributional data and identification keys for larvae and pupae. *Entomotropica*, **16**, 29-49.
- Hamada, N. & McCreadie, J.W. (1999) Environmental factors associated with the distribution of *Simulium perflavum* (Diptera: Simuliidae) among streams in Brazilian Amazonia. *Hydrobiologia*, **397**, 71-78.
- Hamada, N., McCreadie, J.W. & Adler, P.H. (2002) Species richness and spatial distributions of black flies (Diptera: Simuliidae) among streams of Central Amazonia, Brazil. *Freshwater Biology*, **47**, 31-40.
- Hawkins, B.A. (2001) Ecology's oldest pattern? *Trends Ecology and Evolution*, **16**, 470.
- Hawkins, B.A. (2004) Are we making progress toward understanding the global diversity gradient? *Basic and Applied Ecology*, **5**, 1-3.
- Heino, J., Mykrä, H., Kotanen, J. & Muotka, T. (2007) Ecological filters and variability in stream macroinvertebrate communities: do taxonomic and functional structure follow the same path? *Ecography*, **30**, 217 - 230.
- Heino, J. & Soininen, J. (2010) Are common species sufficient in describing turnover in aquatic metacommunities along environmental and spatial gradients? *Limnology and Oceanography*, **55**, 2397-2402.
- Jetz, W. & Rahbek, C. (2002) Geographic range size and determinants of avian species richness. *Science*, **297**, 1548-1551.
- Landeiro, V.L., Pepinelli, M. & Hamada, N. (2009) Species Richness and Distribution of Blackflies (Diptera: Simuliidae) in the Chapada Diamantina Region, Bahia, Brazil. *Neotropical Entomology*, **38**, 332-339.
- Legendre, P. (1993) Spatial Autocorrelation: Trouble or New Paradigm? *Ecology*, **74**, 1659–1673.
- Legendre, P. & Legendre, L. (1999) Numerical ecology. 2 English ed. *Elsevier Science BV*, Amsterdam.
- Leibold, M.A., Holyoak, M., Mouquet, N., Amarasekare, P., Chase, J.M., Hoopes, M.F., Holt, R.D., Shurin, J.B., Law, R., Tilman, D., Loreau, M. & Gonzalez, A. (2004) The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. *Ecology Letters*, **7**, 601–613.
- Lennon, J.J., Beale, C.M., Reid, C.L., Kent, M. & Pakeman, R.J. (2011) Are richness patterns of common and rare species equally well explained by environmental variables? *Ecography*, **34**, 529-539.

- Logue, J.B., Mouquet, N., Peter, H. & Hillebrand, H. (2011) Empirical approaches to metacommunities: a review and comparison with theory. *Trends in Ecology & Evolution*, **26**, 482–491.
- Magurran, A.E. (2004) Measuring biological diversity. *Blackwell*.
- Marquet, P.A., Fernández, M., Navarrete, S.A. & Valdovinos, C. (2004) Diversity emerging: toward a deconstruction of biodiversity patterns. *Frontiers of biogeography: new directions in the geography of nature* (ed. by M. Lomolino and L.R. Heaney), pp. 191-209. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- McCreadie, J.W. & Adler, P.H. (2008) Spatial distribution of rare species in lotic habitats. *Insect Conservation and Diversity*, **1**, 127-134.
- McCreadie, J.W., Adler, P.H. & Hamada, N. (2005) Patterns of species richness for blackflies (Diptera: Simuliidae) in the Nearctic and Neotropical regions. *Ecological Entomology*, **30**, 201-209.
- McCreadie, J.W., Hamada, N. & Grillet, E.M. (2004) Spatial-temporal distribution of preimaginal blackflies in Neotropical streams. *Hydrobiologia*, **513**, 183–196.
- Mittermeier, R.A., Gil, P.R., Hoffman, M., Pilgrim, J., Brooks, T.G.M.C.J., L. & Fonseca, G.A.B. (2005) Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions, 2nd ed. Conservation International, Arlington, Virginia.
- Mouquet, N. & Loreau, M. (2003) Community patterns in source-sink metacommunities. *The American Naturalist*, **162**, 544–557.
- Myers, N. (2003) Biodiversity hotspots revisited. *Bioscience*, **53**, 916-917.
- Nabout, J.C., Siqueira, T., Bini, L.M. & Nogueira, I.S. (2009) No evidence for environmental and spatial processes in structuring phytoplankton communities. – *Acta Oecologica*, **35**, 720-726.
- Pandit, S.N., Kolasa, J. & Cottenie, K. (2009) Contrasts between habitat generalists and specialists: an empirical extension to the basic metacommunity framework. *Ecology*, **90**, 2253-2262.
- Pennington, R.T., Prado, D.A. & Pendry, C. (2000) Neotropical seasonally dry forests and Pleistocene vegetation changes. *Journal of Biogeography*, **27**, 261-273.
- Pepinelli, M. (2008) Simuliidae (Diptera, Nematocera) do Estado de São Paulo. São Carlos, UFSCar, 144f (tese de doutorado).
- Pepinelli, M. (2011) Checklist of Simuliidae (Insecta, Diptera) from São Paulo State, Brazil. *Biota Neotropica* 11(1a): disponível em

<http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1a/en/abstract?inventory+bn0341101a2011>.

- Peres-Neto, P.R. & Legendre, P. (2010) Estimating and controlling for spatial autocorrelation in the study of ecological communities. *Global Ecology and Biogeography*, **19**, 174-184.
- Peres-Neto, P., Legendre, P., Dray, S. & Borcard, D. (2006) Variation partitioning of species data matrices: estimation and comparison of fractions. *Ecology*, **87**, 2614-2625.
- Poos, M.S. & Jackson, D.A. (2012) Addressing the removal of rare species in multivariate bioassessments: The impact of methodological choices. *Ecological Indicators*, **18**, 82–90.
- Pyne, M.I., Rader R.B. & Christensen W.F. (2007) Predicting local biological characteristics in streams: a comparison of landscape classifications. *Freshwater Biology*, **52**, 1302–1321.
- Rahbek, C. (2005) The role of spatial scale and the perception of large-scale species-richness patterns. *Ecology Letters*, **8**, 224-239.
- Rahbek, C. & Graves, G.R. (2000) Detection of macro-ecological patterns in South American hummingbirds is affected by spatial scale. *Proceedings of The Royal Society Biological Sciences*, **267**, 2259-2265.
- Rahbek, C., Gotelli, N.J., Colwell, R.K., Entsminger, G.L., Rangel, T.F.L.V.B. & Graves, G.R. (2007) Predicting continental-scale patterns of bird species richness with spatially explicit models. *Proceedings of The Royal Society Biological Sciences*, **274**, 165-174.
- Rangel, T.F., Diniz-Filho, J.A.F. & Bini, L.M. (2010) SAM: a comprehensive application for Spatial Analysis in Macroecology. *Ecography*, **33**, 46-50.
- Randinini, C., Wilson, K.A., Boitani, L., Grantham, H. & Possingham, H.P. (2006) Tradeoffs of different types of species occurrence data for use in systematic conservation planning. *Ecology Letters*, **9**, 1136-1145.
- Roque, F.O., Siqueira, T., Bini, L.M., Ribeiro, M.C., Tambosi, L.R., Ciocheti, G. & Trivinho-Strixino, S. (2010) Untangling associations between chironomid taxa in Neotropical streams using local and landscape filters. *Freshwater Biology*, **55**, 847–865.

- Siqueira, T., Bini, L.M., Roque, F.O., Couceiro, S.R.M., Trivinho-Strixino, S. & Cottenie, K. (2012) Common and rare species respond to similar niche processes in macroinvertebrate metacommunities. *Ecography*, **35**, 183-192.
- Taubmann, J., Theissinger, K. & Feldheim, K.A. (2011) Modelling range shifts and assessing genetic diversity distribution of the montane aquatic mayfly *Ameletus inopinatus* in Europe under climate change scenarios. *Conservation Genetics*, **12**, 503–515.
- Terribile, L.C. & Diniz-Filho, J.A.F. (2009) Spatial patterns of species richness in New World coral snakes and the metabolic theory of ecology. *Acta Oecologica*, **35**, 163-173.
- Terribile, L.C., Diniz-Filho, J.A.F., Rodríguez, M.Á. & Rangel, T.F.L.V.B. (2009) Richness patterns, species distributions and the principle of extreme deconstruction. *Global Ecology and Biogeography*, **18**, 123-136.
- Warshall, P. (1999) The Madrean Sky Island archipelago: a planetary overview. In: *Biodiversity and The Management of the Madrean Archipelago* (ed. DeBano LF), pp. 6–18. DIANE Publishers, Darby, Pennsylvania, USA.
- Winegardner, A.K., Jones, B.K., Ng, I.S.Y., Siqueira, T. & Cottenie, K. (2012) The terminology of metacommunity ecology. *Trends in Ecology & Evolution*, **27**, 253–254.

Anexos

Tabela 1. Frequência de ocorrência das espécies nas células, das espécies mais frequentes a as espécies com menor frequência de ocorrência (somatória de ocorrência nas células).

Espécie	Frequência de ocorrência de espécies nas células
<i>Simulium perflavum</i>	337
<i>S. subpallidum</i>	329
<i>S. subnigrum</i>	321
<i>S. inaequale</i>	312
<i>S. pertinax</i>	304
<i>S. spinibranchium</i>	300
<i>S. incrustatum</i>	262
<i>S. oyapockense</i>	240
<i>S. rubrithorax</i>	240
<i>S. jujuyense</i>	229
<i>S. nigrimanum</i>	224
<i>S. exiguum</i>	172
<i>S. dekeyseri</i>	153
<i>S. papaveroi</i>	145
<i>S. lutzianum</i>	142
<i>S. rappae</i>	125
<i>S. guianense</i>	116
<i>S. minusculum</i>	112
<i>S. hirtipupa</i>	111
<i>S. dinellii</i>	95
<i>S. siolii</i>	89
<i>S. goeldii</i>	79
<i>S. brachycladum</i>	73
<i>S. quadrifidum</i>	70
<i>S. limbatum</i>	59

<i>S. riograndense</i>	57
<i>S. lobatoi</i>	42
<i>S. clavibranchium</i>	28
<i>S. scutistriatum</i>	25
<i>S. litobranchium</i>	22
<i>S. anamarie</i>	21
<i>S. antunesi</i>	18
<i>S. botulibranchium</i>	14
<i>S. virescens</i>	14
<i>S. cuasiexiguum</i>	13
S. Morfótipo brejinho	8
<i>S. jefersoni</i>	8
S. Morfótipo S A	5
<i>S. friedlanderi</i>	5
<i>S. distinctum</i>	4
<i>S. guaporense</i>	4
<i>Lutzsimuliumpernigrum</i>	3
<i>S. cerradense</i>	3
<i>S. margaritatum</i>	2
<i>S. maroniense</i>	2
<i>L. hirticosta</i>	1
Morfótipo <i>S. (Inequalium)</i> sp.	1
<i>S. auristriatum</i>	1
<i>S. bipunctatum</i>	1
<i>S. brevifurcatum</i>	1
<i>S. brunnescens</i>	1
<i>S. cauchense</i>	1
<i>S. mariavulconae</i>	1
<i>S. metallicum</i>	1

<i>S.ochraceum</i>	1
<i>S. rorotaense</i>	1
<i>S .serranum</i>	1
<i>S. stellatum</i>	1
<i>S. travassosi</i>	1

Tabela 2. Resultados da PCNM com filtros espaciais, os componentes explicativos.

Riqueza	Modelo Completo							Ambiente		Espaço	
	R2	P	Acc	% espaço	% ambiente	%amb.+ esp.	Não explicado	R2	P	R2	P
Rt	0.67	0	24.86.9	29	10	28	32	0.38	<.001	0.57	0
R1	0.67	0	24.86.9	29	10	28	32	0.38	<.001	0.57	0
R2	0.68	0	2446.4	29	9	28	31	0.38	<.001	0.58	0
R3	0.69	<.001	2398.4	30	9	29	30	0.38	<.001	0.59	0
R4	0.70	0	2345.8	31	8	29	29	0.38	<.001	0.61	0
R5	0.71	<.001	2291.7	32	8	30	29	0.38	0	0.62	0
R6	0.72	0	2234.3	33	7	30	27	0.38	0	0.64	<.001
R7	0.72	0	2183.3	35	6	31	27	0.37	0	0.65	0
R8	0.73	0	2124.3	35	6	31	26	0.38	<.001	0.66	<.001
R9	0.73	<.001	2093.5	35	6	31	27	0.37	<.001	0.66	<.001
R10	0.73	<.001	2036.0	35	5	32	26	0.37	0	0.67	0
R11	0.73	<.001	1961.7	36	5	31	26	0.37	0	0.68	0
R12	0.73	0	1916.6	35	4	32	26	0.37	<.001	0.68	0
R13	0.72	0	1876.8	36	4	31	27	0.36	<.001	0.67	<.001
R14	0.71	0	1816.3	35	4	31	28	0.35	<.001	0.66	<.001
R15	0.70	0	1746.3	35	4	30	29	0.35	<.001	0.66	<.001
R16	0.70	0	1700.4	35	4	30	29	0.34	0	0.66	<.001
R17	0.67	<.001	1643.0	33	3	29	32	0.33	<.001	0.63	<.001
R18	0.63	0	1592.5	32	3	28	36	0.31	<.001	0.60	<.001
R19	0.59	<.001	1553.4	30	3	25	40	0.29	<.001	0.55	<.001
R20	0.57	0	1480.9	27	4	25	42	0.29	0	0.53	0
R21	0.59	0	1429.4	31	3	24	40	0.28	0	0.55	<.001

R22	0.51	<.001	1414.1	26	4	20	48	0.25	0	0.46	0
R23	0.44	<.001	1381.5	23	6	15	55	0.21	0	0.38	<.001
R24	0.38	0	1340.1	20	5	12	61	0.18	<.001	0.33	0
R25	0.36	<.001	1301.3	19	6	9	63	0.16	<.001	0.29	0
R26	0.34	<.001	1301.6	19	8	6	65	0.15	<.001	0.25	0
R27	0.36	0	1215.3	18	7	10	63	0.18	<.001	0.29	0
R28	0.31	<.001	1158.4	17	8	5	68	0.13	<.001	0.22	<.001
R29	0.34	<.001	1099.6	19	7	7	66	0.14	<.001	0.26	<.001
R30	0.35	0	1059.2	22	6	5	64	0.12	<.001	0.28	<.001
R31	0.34	<.001	1021.1	22	6	5	65	0.12	<.001	0.27	0
R32	0.32	0	984.5	21	6	3	68	0.10	<.001	0.25	<.001
R33	0.27	<.001	901.8	17	7	2	72	0.09	<.001	0.19	<.001
R34	0.24	<.001	851.0	15	7	1	76	0.08	<.001	0.17	<.001
R35	0.21	<.001	801.4	15	5	0.2	78	0.05	0.001	0.15	<.001
R36	0.21	<.001	780.2	15	6	0.1	78	0.06	<.001	0.15	<.001
R37	0.18	<.001	711.6	13	6	1	81	0.05	0.002	0.12	<.001
R38	0.17	<.001	646.0	11	7	2	82	0.05	0.001	0.09	<.001
R39	0.16	<.001	603.6	11	8	3	83	0.05	0.003	0.08	0.002
R40	0.15	<.001	595.3	10	7	2	84	0.05	0.003	0.07	0.004
R41	0.16	<.001	472.8	11	6	1	83	0.05	0.002	0.09	<.001
R42	0.12	<.001	411.0	7	7	2	87	0.05	0.002	0.05	0.10
R43	0.13	<.001	315.1	7	6	1	86	0.06	<.001	0.06	0.03
R44	0.13	<.001	268.1	6	6	0.1	86	0.06	<.001	0.06	0.01
R45	0.11	0.001	226.2	4	7	0.1	88	0.06	<.001	0.04	0.28
R46	0.09	0.36	146.4	3	5	0.1	90	0.05	0.002	0.03	0.36
R47	0.08	0.05	-2	3	4	0.2	92	0.04	0.009	0.03	0.55
R48	0.06	0.18	-116	3	3	0.4	93	0.03	0.05	0.02	0.69

R49	0.07	0.09	-142	3	4	0.5	92	0.04	0.01	0.02	0.72
R50	0.06	0.14	-165	3	4	0.3	93	0.03	0.02	0.02	0.75
R51	0.06	0.18	-189	2	4	0.1	93	0.04	0.01	0.02	0.82
R52	0.05	0.30	-280	2	4	0.3	94	0.03	0.02	0.01	0.93
R53	0.05	0.52	-311	2	3	0.7	95	0.02	0.09	0.01	0.98
R54	0.05	0.38	-352	3	3	1	94	0.02	0.17	0.01	0.94
R55	0.05	0.39	-501	3	3	1	94	0.02	0.28	0.02	0.82
R56	0.05	0.43	-564	3	2	0.8	94	0.01	0.42	0.02	0.68
R57	0.05	0.45	-639	2	2	0.1	94	0.02	0.14	0.02	0.73
R58	0.06	0.27	-735	2	2	1	93	0.04	0.01	0.03	0.59

Figura 2. Original. Frequência de ocorrência das espécies nas células (grid) situadas a esquerda simulídeos comuns e a direita raros. Obs: não estão representadas todas as espécies, devido o tamanho do gráfico.

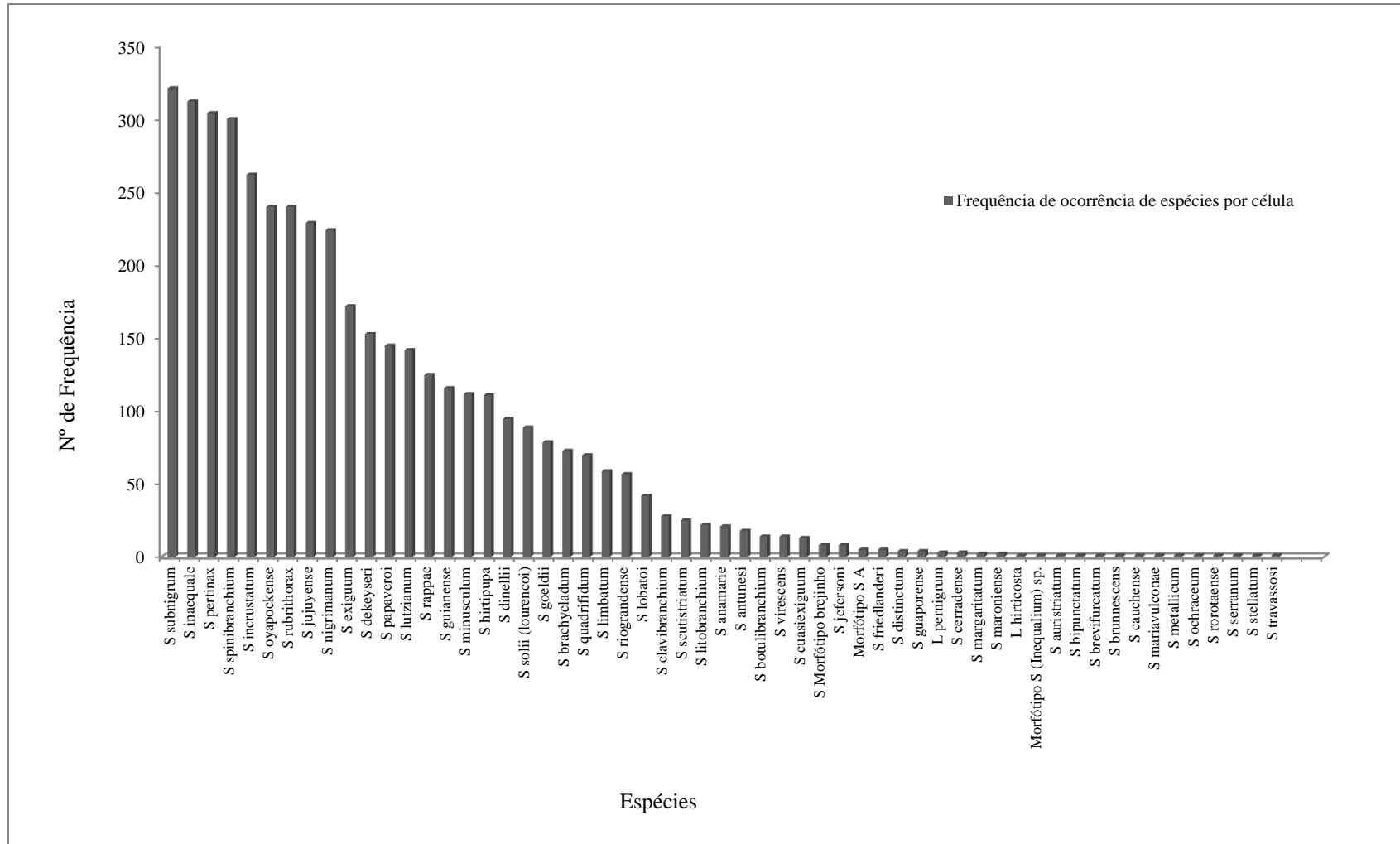
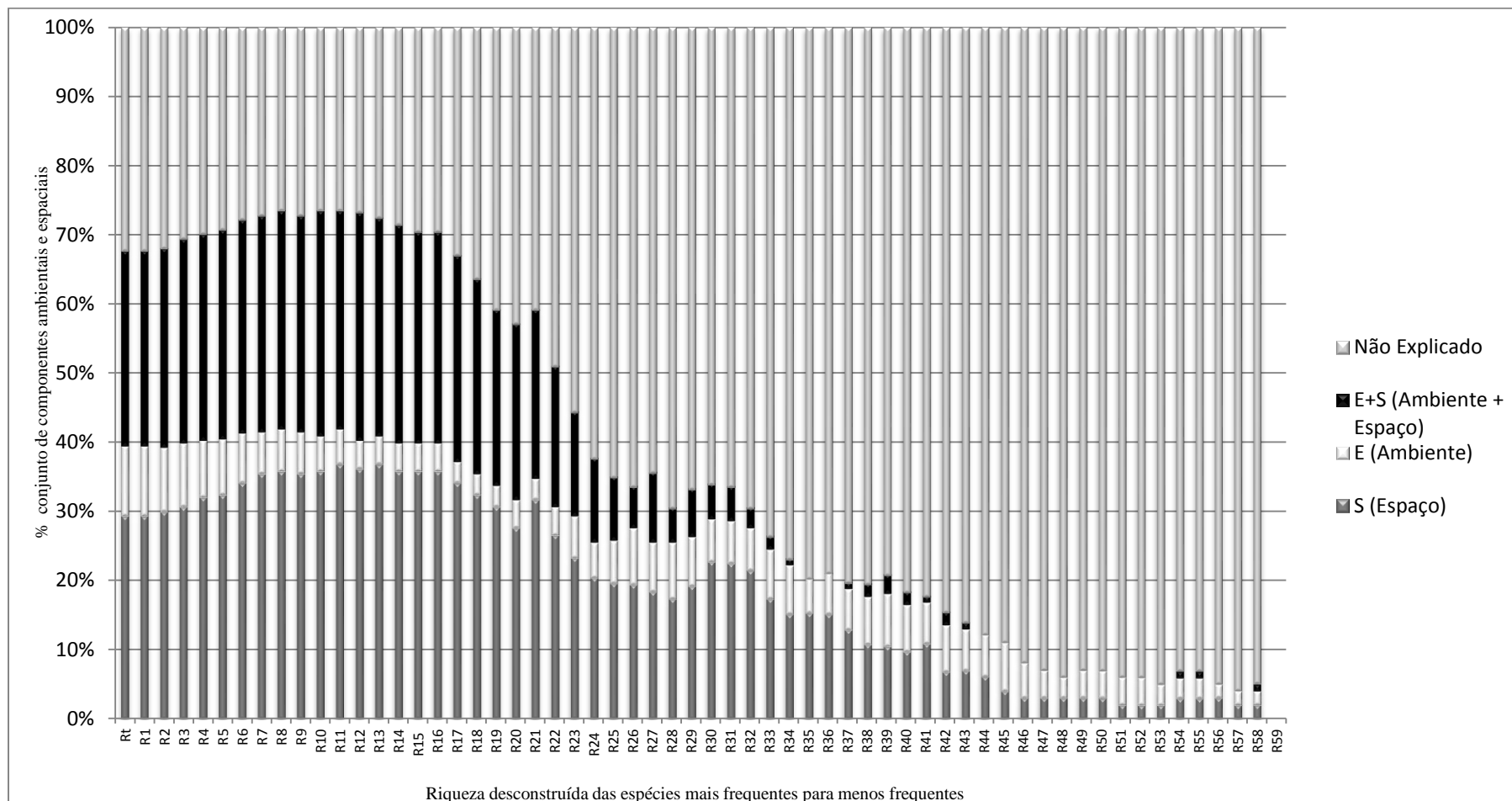


Figura 3. Original. Riqueza desconstruída a partir da riqueza total (R_t) até riqueza desconstruída das 59 espécies (R_{59}), com relação aos preditores. As siglas $R_1, R_2, \dots, R_{57}, R_{58}, R_{59}$ são referentes a riqueza desconstruída das espécies mais frequentes para as espécies com menor frequência de ocorrência, desconstrução esta das espécies sem reposição das mesmas.



Referências bibliográficas Gerais

- Adler, P.H. 1994. Simuliidae. In: MORSE, J.C., YANG, L., TIAN, L. (Eds). *Aquatic Insects of China useful for monitoring water quality*. University Hohal. p. 478-487.
- Adler, P.H. & Crosskey, R.W. 2012. "World Black Flies (Diptera: Simuliidae): a comprehensive revision of the taxonomic and geographical inventory". <http://entweb.clemson.edu/biomia/pdfs/blackflyinventory.pdf> (último acesso em 13/08/2012).
- Alencar, Y.B., Ludwig, T.A.V., Soares, C.C. & Hamada, N. 2001. Stomach content analyses of *Simulium perflavum* Roubaud 1906 (Diptera: Simuliidae) larvae from streams in Central Amazônia, Brazil. Mem. Inst. Oswaldo Cruz 96:561-576.
- Briceño-Iragorry, L. 1943. Nota sobre simulídeos Del Valle de Caracas. Boletín del Laboratorio de la Clínica Luis Razetti, v. 3, n. 10, p. 181-186.
- Campbell, I., Reis, V., Aoki, V., Cunha, P., Hans-Filho, G. & Alves, G. 2001. Pênfigo foliáceo endêmico-Fogo Selvagem. An. Bras. Dermatol., 76: 13-31.
- Cerqueira, N.L. 1967. Simuliidae da Amazônia III: Sobre o Gênero "*Simulium*" Latreille, 1802 (Diptera, Nematocera). Atas Simp. Biot. Amaz., 5 (Zoo): 127-139.
- Cerqueira, N.L. 1959. Sobre a transmissão de *Mansonella ozzardi* (I e II notas). Jor. Bras. Med., 1: 885-914.
- Coscarón, S. 1981. Insecta, Diptera, Simuliidae. Fauna agua Dulce de la República Argentina, V.38(1):1-105.
- Coscarón, S. 1987. El género *Simulium* Latreille em la región Neotropical: Análisis de os grupos supraespecíficos, espécies que los integran y distribución geográfica (Simuliidae, Diptera). Museu Paraense Emilio Goeldi, Coleção Emilie Snethlage, Belém, Pará, Brazil, 111pp.
- Coscarón, S. 1991. Fauna de água dulce de la República Argentina. Insecta, Diptera, Simuliidae 38. FECIC, Buenos. Aires, Argentina, 304pp.
- Coscarón, S. & Coscarón-Arias, C.L. 2007. Neotropical Simuliidae (Diptera: Simuliidae). In: Adis J, Arias JR, Rueda-Delgado G & Wantzen KM (eds.):

- Aquatic Biodiversity in Latin America (ABLA). Vol.3. Pensoft, Sofia-Moscow, 685pp.
- Coscarón, S. & Wygodzinsky, P. 1984. Notas sobre Simúlidos Neotropicales VII. Sobre los subgéneros *Psaroniocompsa* Enderlein y *Inaequalium*, subgen. nov. Archivos de Zoología 31:37-103.
- Costa-Júnior, D., Pinheiro, F.P., Rosa, A.P.A.T., Frainha, H. & Lainson, Z.C.L. 1997. Síndrome Hemorrágica de Altamira, 6: 107-112. In: R.N.Q. Leão. (Org.). Doenças Infecciosas e Parasitárias: Enfoque Amazônico. CEJUP/UEPA/IEC, 886 p.
- Coutinho, C.J.P.C.A. 1993. Abundância Sazonal da população de formas imaturas de *Simulium pertinax* Kollar, 1932 (Diptera, Simuliidae) e da entomofauna associada, no município de Paraty, RJ. Rio de Janeiro, Dissertação 81p. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Biologia.
- Crosskey, R.W. 1990. The Natural History of Blackflies. John Wiley & Sons (eds). The British Museum of Natural History, London, 711p.
- Cunha, M.C.I. 2001. Simulídeos (Borrachudos). In: Marcondes, C.B. (Ed). *Entomologia Médica e Veterinária*. São Paulo: Atheneu. p. 31-47.
- Currie, D.C. & Adler, P.H. 2008. Global diversity of black flies (Diptera: Simuliidae) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:469–475.
- Delmontes, S., Kanitakis, J., Cozzanii, E., Parodi, A. & Rebora, A. 2001. Diagnosing *Pemphigus foliaceus*: a retrospective analysis of clinical, histological and immunological criteria. *Dermatology*, 203: 289-93.
- Eaton, D.P., Diaz, L.A., Hans-Filho, G., Santos, V., Aoki, V., Friedman, H., Rivitti, E.A., Sampaio, S.A.P., Gottlieb, M.S., Giudice, G.J., Lopez, A., Cupp, E.W. & The Cooperative Group On Fogo Selvagem Research. 1998. Comparison of Black Fly Species (Diptera: Simuliidae) on an Amerindian Reservation with a High Prevalence of Fogo Selvagem to Neighboring Disease-Free Sites in the State of Mato Grosso do Sul, Brazil, *Journal Med. Entomol.* 35(2):120-131.
- Gaona, J. C. & Andrade, C. F. S. 1999. Aspectos da entomologia médica e veterinária dos borrachudos (Diptera, Simuliidae) – biologia, importância e controle. *LECTA*, Bragança Paulista, v.17, n.1, p.51-65, jan./jun.
- Hamada, N. 1993. Association between *Hemedromia* sp. (Diptera: Empididae) and *Simulium perflavum* (Diptera: Simuliidae) in Central Amazonia, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 88, p. 169-170.

- Hamada, N. 1993. Estudos bioecológicos sobre piuns (Diptera: Simuliidae) como base para o controle de Oncocercose e Mansonelose na Amazônia Brasileira. Bas. Cient. Estrat. Preserv. Desenv. Amaz. Vol. 2, INPA/AM.
- Hamada, N. & Adler, P. 2001. Bionomia e chave para imaturos e adultos de *Simulium* (Diptera: Simuliidae) na Amazônia Central, Brasil. Acta Amazonica, v. 31, n. 1, p.109-132.
- Hamada, N. & McCreddie, J.W. 1999. Environmental factors associated with the distribution of *Simulium perflavum* (Diptera: Simuliidae) among streams in Brazilian Amazonia. Hydrobiologia, v. 397, p. 71-78.
- Hamada, N., Silva, N.G. & Pereira, E.S. 2012. *Simulium* (Psilopelmia) *virescens*, a new black-fly species (Diptera: Simuliidae) from the south western region of the state of Bahia, Brazil. Mem. Inst. Oswaldo Cruz 107(1):102-110.
- Lewinsohn, T.M., Freitas, A.V. & Prado, P.I. 2005. Conservação de invertebrados terrestres e seus habitats no Brasil. Megadiversidade, 1 (1): 62-69.
- Maia-Herzog, M., Valente, A.C.S., Luna-Dias, A.P., Gil-Azevedo, L.H. & Marchon-Silva, V. 2012. *Simulium* (*Chirostilbia*) *brunnescens* (Diptera: Simuliidae) – new species from the Brazilian Cerrado, Manso Dam, state of Mato Grosso, Brazil. Mem. Inst. Oswaldo Cruz 107(5):591-597.
- Merritt, R. W. & Cummins, K. W. 1984. An introduction the aquatic insects of North America (2a ed.). Dubuque: Kindall/Hunt, 772 p.
- Moraes, M.A.P. & Chaves, G.M. 1974. Oncocercose no Brasil. Novos achados entre os índios Yanomamas. Boletim Oficial do Panamá:1-5.
- Neves, D.P. 1991. *Parasitologia Humana*. São Paulo: Atheneu. p. 379-382.
- Oliver, L., Beattie, A. & York, A. 1998. Spatial fidelity of plant, vertebrate and invertebrate assemblages in multiple use forest in eastern Australia. Cons, Biol., 12: 822-835.
- Pessoa, F.A.C., Ríos-Velásquez, C.M. & Py-Daniel, V. 2012. A new species of *Araucnephia* (Diptera: Simuliidae) from the Northeast Region of Brazil. Zootaxa 3343:31-41.
- Pinheiro, F.P., Bensabath, G., Costa-Júnior, D., Maroja, O.M., Lins, Z.C. & Andrade, A.H.P. 1974. Haemorrhagic syndrome of Altamira. Lancet, 13: 639-642.
- Rey, L. 1973. *Parasitologia*. Rio de Janeiro: Guanabara. 681p.

- Ruas Neto, A.L., Caldas, E.P. & Souza, M.A.T. 1984. Programa estadual de controle de borrachudos: controle dos simuliídeos no Rio Grande do Sul, aspectos gerais. *Boletim da Saúde*, v. 11, n. 2, p. 4-7.
- Sampaio, S.A.P. & Rivitti, E.A. 1998. Erupções vésico-bolhosas. In: S.A.P. Sampaio, E.A. Rivitti (orgs). *Dermatologia. Art. Méd.*, 229-248.
- Shelley, A.J. & Coscarón, S. 2001. Simuliid Blackflies (Diptera: Simuliidae) and ceratopogonid midges (Diptera: Ceratopogonidae) as vectors of *Mansonella ozzardi* (Nematoda: Onchocercidae) in northern Argentina. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 96(4):451-458.
- Shelley, A.J., Lowry, C.A., Maia-Herzog, M., Luna-Dias, A.P.A. & Moraes, M.A.P. 1997. Biosystematic studies on the Simuliidae (Diptera) of the Amazonia onchocerciasis focus. *Bulletin of the Natural History Museum* 66 (1): 1-120.
- Shelley, A.J. & Shelley, A. 1976. Further evidence for the transmission of *Mansonella ozzardi* by *Simulium amazonicum* in Brazil. *Trop. Med. Parasit. Ann.*, 70 (2): 213-217.
- Shelley, A.J., Maia-Herzog, M., Lowry, C.A., Luna-Dias, A.P.A., Guarritano, P.R., Shelley, A., Camargo, M. & Carter, H.G. 2000. The Simuliidae (Diptera) of the secondary onchocerciasis focus at Minaçu in central Brazil. *Bulletin of The Natural History Museum (Entomology series)* 69:171-221.
- Shelley, A.J., Luna-Dias, A.P.A., Maia-Herzog, M., Lowry, C.A., Guarritano, P.R., Penn, M. & Camargo, M. 2001. *Simulium cuasiexiguum*, a new blackfly species (Diptera: Simuliidae) from the Minaçu Area in the State of Goiás, Central Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 96:483-496.
- Strieder, M.N., Santos, J.E. & Pês, A.M.O. 2002. Diversidade e distribuição de Simuliidae (Diptera, Nematocera) no gradiente longitudinal da bacia do rio dos Sinos, no Rio Grande do Sul, Brasil. *Entomologia y Vectores* 9(4):527-540.
- Strieder, M.N., Santos, J.E. & Vieira, E.M. 2006. Distribuição, abundância e diversidade de Simuliidae (Diptera) em uma bacia hidrográfica impactada no sul do Brasil. *Rev. Bras. Entomol.* 50(1):119-124.
- Strieder, M.N. & Py-Daniel, V. 1999. Espécies de *Inaequalium* (Diptera, Simuliidae), dados bionômicos e chaves para sua identificação. *Biociências* 7(2):43-72.