





# Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi

Ciências Naturais



v. 15, n. 1  
janeiro-abril  
2020

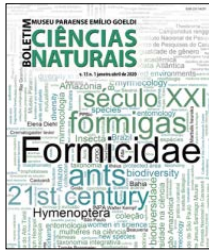


IMAGEM DA CAPA  
Elaborada por Rony Peterson  
Santos Almeida e Livia Pires  
do Prado.

## BOLETIM DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI. CIÊNCIAS NATURAIS (ISSN 2317-6237)

O Boletim do Museu Paraense de História Natural e Ethnographia foi criado por Emílio Goeldi e o primeiro fascículo surgiu em 1894. O atual Boletim é sucedâneo daquele. *The Boletim do Museu Paraense de História Natural e Ethnographia was created by Emilio Goeldi, and the first number was issued in 1894. The present one is the successor to this publication.*

### EDITOR CIENTÍFICO

**Fernando da Silva Carvalho Filho**

### EDITORES DO NÚMERO ESPECIAL

**Livia Pires do Prado**

**Rony Peterson Santos Almeida**

### EDITORES ASSOCIADOS

**Adriano Oliveira Maciel**

**Alexandra Maria Ramos Bezerra**

**Aluísio José Fernandes Júnior**

**Débora Rodrigues de Souza Campana**

**José Nazareno Araújo dos Santos Junior**

**Valéria Juliete da Silva**

**William Leslie Overall**

### CONSELHO EDITORIAL CIENTÍFICO

**Ana Maria Giulletti** - Universidade Estadual de Feira de Santana - Feira de Santana - Brasil

**Augusto Shinya Abe** - Universidade Estadual Paulista - Rio Claro - Brasil

**Carlos Afonso Nobre** - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - São José dos Campos - Brasil

**Douglas C. Daly** - New York Botanical Garden - New York - USA

**Hans ter Steege** - Utrecht University - Utrecht - Netherlands

**Ima Célia Guimarães Vieira** - Museu Paraense Emílio Goeldi - Belém - Brasil

**John Bates** - Field Museum of Natural History - Chicago - USA

**José Maria Cardoso da Silva** - Conservação Internacional - Belém - Brasil

**Laurent Polidori** - l'Ecole Supérieure des Géomètres Topographes - Le Mans - França

**Lauro Valentim Stoll Nardi** - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre - Brasil

**Miguel Trefaut Rodrigues** - Universidade de São Paulo - São Paulo - Brasil

**Nelson Papavero** - Museu de Zoologia - Universidade de São Paulo - São Paulo - Brasil

**Peter Mann de Toledo** - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - São José dos Campos - Brasil

**Philippe Kok** - Royal Belgian Institute of Natural Sciences - Brussels - Bélgica

**Roberto Dall'Agnol** - Universidade Federal do Pará - Belém - Brasil

**Rui Cerqueira** - Universidade Federal do Rio de Janeiro - Rio de Janeiro - Brasil

**William Woods** - University of Kansas - Lawrence - USA

### NÚCLEO EDITORIAL

**Rafaele Lima** - Assistente editorial

**Talita do Vale** - Editoração, versão eletrônica e capa deste número

**Normalização** - Núcleo Editorial Boletim

**Projeto Gráfico** - Elaynia Ono



Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações  
Museu Paraense Emílio Goeldi

# Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi

## Ciências Naturais



ISSN 2317-6237

Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi	Cienc. Nat.	Belém	v. 15	n. 1	p. 15-356	janeiro-abril 2020
-------------------------------	-------------	-------	-------	------	-----------	--------------------

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:  
Museu Paraense Emílio Goeldi  
Núcleo Editorial - Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi  
Av. Perimetral, 1901  
Terra Firme – CEP 66077-530  
Belém - PA - Brasil  
Telefone: 55-91-3075-6186  
E-mail: boletim.naturais@museu-goeldi.br

VERSÃO ONLINE DA REVISTA:  
<http://editora.museu-goeldi.br/naturais/index.html>  
[http://issuu.com/bgoeldi\\_cn](http://issuu.com/bgoeldi_cn)

SUBMISSÃO DE TRABALHOS:  
[boletim.naturais@museu-goeldi.br](mailto:boletim.naturais@museu-goeldi.br)

AQUISIÇÃO:  
Permuta: [mgdoc@museu-goeldi.br](mailto:mgdoc@museu-goeldi.br)  
Venda: [livraria@museu-goeldi.br](mailto:livraria@museu-goeldi.br)

INDEXADORES  
CAB Abstracts  
IBSS - International Bibliography of the Social Sciences  
LATINDEX - Sistema Regional de Información en Línea para  
Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Zoological Record

Não é permitida a reprodução parcial ou total de artigos ou notas publicadas, sob nenhuma forma ou técnica, sem a prévia autorização do editor. Ficam isentas as cópias para uso pessoal e interno, desde que não destinadas a fins promocionais ou comerciais. As opiniões e considerações emitidas nos artigos assinados são de inteira responsabilidade dos autores, e não refletem necessariamente a posição dos editores ou da instituição responsável pela publicação.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação CIP

Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais. 2020. – Belém: MPEG, 2020. v. 15 n. 1., v. il.  
Semestral: 1984-2002  
Interrompida: 2003-2004  
Quadrimestral a partir do v. 1, 2005.

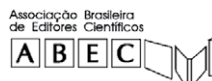
Títulos anteriores: Boletim Museu Paraense de História Natural e Ethnographia 1894-98; Boletim Museu Paraense de História Natural e Ethnographia (Museu Goeldi) 1902; Boletim do Museu Goeldi (Museu Paraense) de História Natural e Ethnographia 1906-1914; Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi de História Natural e Etnografia 1933; Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi 1949-2002, série Zoologia, série Botânica e série Ciências da Terra; Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Ciências Naturais, em 2005. A partir de 2006, Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais.

ISSN 2317-6237

1. Biologia. 2. Zoologia. 3. Ecologia. 4. Taxonomia. 5. Mirmecologia. 6. Formicidae. I. Museu Paraense Emílio Goeldi.

CDD-21ª.ed. 500

© Direitos de Cópia/Copyright 2020 por/by MCTIC/Museu Goeldi



MINISTÉRIO DA  
EDUCAÇÃO

MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



## CARTA DOS EDITORES

É com satisfação que trazemos aos leitores da primeira edição de 2020 do **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** um número temático dedicado às formigas, intitulado "A Mirmecologia brasileira no século XXI". Esta edição é composta por 25 publicações, distribuídas em diversas áreas do conhecimento, oriundas de grupos de pesquisas de todas as regiões do Brasil e de instituições do exterior.

Os dois primeiros artigos do sumário, de autoria de Ramalho e colaboradoras, tratam sobre responsabilidade parental, diversidade na ciência e carreira científica dentro da Mirmecologia. Esses trabalhos discutem os desafios que os pesquisadores, principalmente as mulheres, enfrentam ao longo de suas carreiras e indicam caminhos para a construção de um futuro mais justo e inclusivo na ciência.

O trabalho de Silvestre & Sauda Neto, na área de Etnobiologia, demonstra que a importância das formigas ultrapassa o papel que desempenham nos ecossistemas. Eles apresentam os saberes das comunidades indígenas e rurais sobre o uso das formigas como recurso alimentar e medicinal em um detalhado artigo de revisão.

Estudos nas áreas de interações entre formigas e outros organismos são apresentados em três artigos. No campo do mutualismo, Vicente e colaboradores publicam uma revisão sobre jardins de formigas, fornecendo um panorama dessa interação. O estudo de Koch e colaboradores discute a associação entre as restrições ecológicas nas interações entre formigas e hemípteros. Na área do mimetismo, Santos e colaboradores reportam registros de aranhas que imitam formigas e seus possíveis modelos.

No campo das ciências aplicadas, mais especificamente sobre controle biológico, Travaglini e colaboradores demonstram como a infecção de um tipo específico de fungo se desenvolve na espécie de saúva *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758).

Nesta edição, são publicados os resultados de estudos desenvolvidos em várias localidades da região amazônica. Schmidt e colaboradores apresentam o estado da arte das formigas do Acre. Dois artigos realizados na Estação Científica Ferreira Penna (Pará) fazem parte deste número: Mendoza-Penagos e colaboradores testaram a limitação de sódio como recurso alimentar para as espécies que ocupam o solo e Andrade-Silva & Almeida investigaram a relação entre a circunferência da árvore e a comunidade de formigas arborícolas. No estado do Amazonas, Matos e colaboradores estudaram as relações alométricas em eventos de dispersão de sementes artificiais em um fragmento florestal localizado na Universidade Federal do Amazonas. Ainda no Amazonas, no campo da morfologia, Nascimento e colaboradores publicam um estudo morfométrico com operárias de Ponerinae coletadas na Reserva Florestal Adolpho Ducke.

Na área da taxonomia, Chaul apresenta a descrição de uma nova espécie de *Discothyrea* Roger, 1863 coletada na Mata Atlântica.

No campo da história natural, disciplina com aplicações em diversas áreas com relevância para a ciência e sociedade, as contribuições em forma de notas de pesquisa fornecem informações valiosas de espécies amplamente distribuídas, mas que pouco ou nada se sabia acerca de seu comportamento. Lima e colaboradores publicam o primeiro registro de um bivaque arbóreo para a espécie *Eciton rapax* Smith, 1855 e Carvalho-Filho traz um registro inédito de rainhas de *Camponotus novogranadensis* Mayr, 1870 saindo de seu ninho junto com as operárias para se alimentarem. Na seção de Notas de Pesquisa, também é publicado um estudo na área de citogenética de autoria de Vieira & Santana e um levantamento sobre as saúvas de Goiás, contendo novos registros de distribuição, de autoria de Arruda e colaboradores.

A seção Memória é composta por sete artigos que, juntos, contam a história das coleções científicas de formigas e da prática curatorial no Brasil. A soma desses trabalhos (Prado e colaboradores; Fernandes & Oliveira; Ulysséa & Brandão; Andrade & Feitosa; Delabie e colaboradores; Oliveira e colaboradores; Souza-Campana e colaboradores) oferece uma oportunidade única para compreender a importância dos investimentos realizados ao longo de muitas décadas na construção e preservação de repositórios da biodiversidade, que projetaram o Brasil como um centro de referência em Mirmecologia. Ainda nesta seção, é publicado por Albuquerque e colaboradoras o obituário da mirmecóloga Elena Diehl (1949-2018), que é também uma merecida homenagem pelo seu pioneirismo e suas contribuições no estudo das formigas do Rio Grande do Sul.

Nós encerramos esta carta agradecendo às pessoas que fizeram esta edição possível: aos autores dos trabalhos e revisores dos manuscritos; ao Dr. Carlos Roberto Ferreira Brandão, que gentilmente aceitou nosso convite para escrever o depoimento de abertura desta edição; ao César Augusto Chaves Favacho, que disponibilizou imagens das espécies de formigas para ilustrar a divulgação desta edição. Somos gratos à Rafaela Lima e à Talita do Vale, pela dedicação e eficiência no trabalho de editoração. Nesse importante momento para o país, em que se faz indispensável a divulgação da ciência, esperamos que apreciem a leitura dos trabalhos apresentados neste número.

**Livia Pires do Prado**  
**Rony Peterson Santos Almeida**  
Editores do número especial

**Fernando da Silva Carvalho Filho**  
Editor Científico



Figura. Operárias de *Daceton armigerum* (Latreille, 1802) na entrada do ninho em árvore localizada no *Campus* de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, Pará. Foto: César Augusto Chaves Favacho (2014).



CARTA DO EDITOR  
EDITOR'S NOTE

DOSSIÊ “A MIRMECOLOGIA BRASILEIRA NO SÉCULO XXI”  
DOSSIER “BRAZILIAN MYRMECOLOGY IN THE 21ST CENTURY”

**A Mirmecologia no século XXI no Brasil**

Carlos Roberto F. Brandão ..... 15

**Myrmecology: majority of females only within the colony**

Mirmecologia: maioria das fêmeas apenas dentro da colônia

Manuela de O. Ramalho | Cintia Martins | Corrie S. Moreau ..... 17

**Parenting in the field of myrmecology: career challenges in the 21st century**

Parentalidade no campo da mirmecologia: desafios da carreira no século XXI

Manuela O. Ramalho | Pâmela Decio | Emilia Zoppas de Albuquerque | Flavia Esteves ..... 27

**Formigas como recurso alimentar e medicinal**

Ants as a food and medicinal resource

Rogério Silvestre | Paulo Sauda Neto ..... 39

**Jardins de formigas: qual o estado do conhecimento sobre essas interações mutualísticas entre formigas e plantas?**

Ant-gardens: what is the current state of the knowledge about these mutualistic interactions between ants and plants?

Ricardo Eduardo Vicente | Ivone Vieira da Silva | Thiago Junqueira Izzo ..... 55

**Diversity and structure preferences for ant-hemipteran mutualisms in cocoa trees (*Theobroma cacao* L., Sterculiaceae)**

Diversidade e preferências estruturais para o mutualismo entre formigas e hemípteros em cacauzeiros (*Theobroma cacao* L., Sterculiaceae)

Elmo B. A. Koch | Thamy E. D. Marques | Cléa S. F. Mariano | Esperidião A. S. Neto | Alexandre Arnhold |

Ana L. B. G. Peronti | Jacques H. C. Delabie ..... 65

**Considerações sobre uma série de aranhas miméticas da coleção do Centro de Pesquisas do Cacau (CPDC), Bahia, e de seus possíveis modelos**

Considerations about a series of mimetic spiders from the collection *Centro de Pesquisas do Cacau* (CPDC), Bahia, and their possible models

Jemile Viana Santos | Jacques Hubert Charles Delabie | Antonio Domingos Brescovit | Cléa dos Santos Ferreira Mariano ..... 83

**Description using ultramorphological techniques of the infection of *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. in larvae and adults of *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae)**

Descrição utilizando técnicas ultramorfológicas da infecção por *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. em larvas e adultos de *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae)

Raphael Vacchi Travaglini | Luiz Carlos Forti | Andre Arnosti | Luis Eduardo Pontes Stefanelli |

Allan Roberto Fernandes Ferreira | Roberto da Silva Camargo | Maria Izabel Camargo-Mathias ..... 101

**Ant diversity studies in Acre: what we know and what we could do to know more?**

Estudos de diversidade de formigas no Acre: o que sabemos e o que devemos fazer para saber mais?

Fernando Augusto Schmidt | Marília Maria Silva da Costa | Felipe Martello | Amanda Batista de Oliveira |

Andressa Silvana Menezes | Luane Karoline Fontenele | Elder Ferreira Morato | Marco Antônio Oliveira..... 113

**Assessing sodium limitation as a resource for ground-dwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) in an area of the Amazonian *Terra Firme* Forest**

Avaliando a limitação de sódio como recurso para formigas de solo (Hymenoptera: Formicidae) em uma área de floresta amazônica de Terra Firme

Cristian Camilo Mendoza-Penagos | Hessen Knut Olav Vadla | Rony Peterson Santos Almeida ..... 135

**Relação entre a circunferência da árvore e a comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) arborícolas em uma área de preservação amazônica**

Relationship between tree circumference and arboreal ants community (Hymenoptera: Formicidae) in a protected area in the Amazon

Joudellys Andrade-Silva | Rony Peterson Santos Almeida ..... 145

**Relações alométricas entre os tamanhos de sementes artificiais removidas e de formigas em um fragmento florestal na Amazônia Central**

Allometric relationships between artificial seeds size and ants size in dispersal events in a fragmented forest in Central Amazonia

Lilian Caroline Nunes de Matos | Flavia Delgado Santana | Fabricio Beggiato Baccaro ..... 155

**Morfometria das operárias de Ponerinae (Hymenoptera: Formicidae) em áreas de floresta ombrófila amazônica**

Morphometry of Ponerinae (Hymenoptera: Formicidae) workers in areas of Amazonian ombrophylous forest

Alexsandra Cordeiro Nascimento | Itanna Oliveira Fernandes | Jorge Luiz Pereira Souza ..... 165

**A new species of *Discothyrea* Roger (Hymenoptera: Formicidae) from the Brazilian Atlantic Rainforest**

Uma nova espécie de *Discothyrea* Roger (Hymenoptera: Formicidae) da Mata Atlântica brasileira  
Júlio Cezar Mário Chaul ..... 199

**NOTAS DE PESQUISAS**  
**SHORT COMMUNICATIONS**

**Primeiro registro de bivaque arbóreo para a espécie de formiga de correição *Eciton rapax* Smith, 1855 (Formicidae: Dorylinae)**

First record of an arboreal bivouac for the army ant species  
*Eciton rapax* Smith, 1855 (Formicidae: Dorylinae)  
Hilário Póvoas de Lima | Nicolas Gérard Châline | Raquel Leite Castro de Lima | Ronara de Souza Ferreira Châline ..... 221

**Dining out with commoners: queens of *Camponotus novogranadensis* Mayr, 1870 (Hymenoptera: Formicidae) feeding outside the nest with nestmate workers**

Jantando fora com os plebeus: rainhas de *Camponotus novogranadensis* Mayr, 1870 (Hymenoptera: Formicidae) alimentando-se fora do ninho com operárias  
Fernando da Silva Carvalho-Filho ..... 227

**Chromosome morphometry of *Camponotus renggeri* Emery, 1894 (Hymenoptera: Formicidae)**

Morfometria cromossômica de *Camponotus renggeri* Emery, 1894 (Hymenoptera: Formicidae)  
Talles Filipe Barcelos Vieira | Flávia Assumpção Santana ..... 231

**Survey of leaf-cutting ant species in native vegetation and monocultures in the State of Goiás, Brazil**

Levantamento de espécies de formigas cortadeiras em vegetação nativa e monoculturas no estado de Goiás, Brasil  
Filipe Viegas de Arruda | Marcos Antônio Pesquero | Marcos Filipe Pesquero | João Danillo dos Santos ..... 237

**MEMORY**  
**MEMORY**

**Uma jornada científica na Amazônia: revisitando os 121 anos do acervo de Formicidae (Insecta: Hymenoptera) do Museu Paraense Emílio Goeldi**

A scientific journey in the Amazon: revisiting the 121 years of the collection of Formicidae (Insecta: Hymenoptera) at *Museu Paraense Emílio Goeldi*  
Lívia Pires do Prado | César Augusto Chaves Favacho | Orlando Tobias Silveira | Rogério R. Silva ..... 245

<p><b>A mirmecologia brasileira no século XXI: a coleção do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia</b>  Brazilian mirmecology in the 21st century: the collection of the National Institute of Research in Amazonia</p>	257
<p><b>Um acervo centenário: a história da Coleção de Formigas (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo</b>  A centenary collection: the Ant Collection of the <i>Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo</i></p>	265
<p><b>Coleção Entomológica Padre Jesus Santiago Moure: um novo centro de referência para a formação de sistematas de formigas (Hymenoptera: Formicidae)</b>  Entomological Collection Padre Jesus Santiago Moure: a new reference center for the formation of ant systematists (Hymenoptera: Formicidae)</p>	277
<p><b>A Coleção de Formicidae do Centro de Pesquisas do Cacau (CPDC), Ilhéus, Bahia, Brasil</b>  The Formicidae Collection of the Cocoa Research Center (CPDC), Ilhéus, Bahia, Brazil</p>	289
<p><b>Acervo de Formicidae (Insecta, Hymenoptera) da Coleção Entomológica Adolph Hempel, Instituto Biológico, São Paulo</b>  Collection of Formicidae (Insecta, Hymenoptera) in the Entomological Collection Adolph Hempel, Instituto Biológico, São Paulo</p>	307
<p><b>Coleção de referência do Laboratório de Mirmecologia do Alto Tietê, São Paulo, Brasil: <i>status</i> atual e perspectivas</b>  Alto Tietê Myrmecology Laboratory reference collection, São Paulo, Brazil: current <i>status</i> and perspectives</p>	317



**Elena Diehl (1949-2018): uma cientista pioneira na mirmecologia do Rio Grande do Sul, Brasil**

Elena Diehl (1949-2018): a pioneering woman scientist in the field of myrmecology in Rio Grande do Sul, Brazil

Emília Zoppas de Albuquerque | Daniela Faria Florencio | Luciane Kern Junqueira | Fabiana Haubert |

Franciele Sacchett | Marcia Eloisa da Silva .....337









## A Mirmecologia no século XXI no Brasil

Carlos Roberto F. Brandão 

Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. São Paulo, São Paulo, Brasil

Já era tempo para a publicação de um dossiê sobre a Mirmecologia brasileira. O estudo de formigas no Brasil está consolidado e aponta para caminhos e desafios para a próxima geração que entra neste momento nessa trilha profissional.

De início, pioneiros desbravaram, ainda no começo do século XX, a então incomensurável fauna de formigas do território brasileiro. Esta primeira fase, mais descritiva e colecionista, deu lugar paulatinamente a programas de pesquisa mais amplos e mais bem inseridos no cenário internacional. Hoje, um grupo de jovens pesquisadores conta com bases bem mais sólidas e com uma expertise acumulada nada desprezível.

Os resultados deste percurso de mais de um século ficam evidentes no Simpósio de Mirmecologia, inicialmente um encontro anual de um grupo de conhecidos há quase 50 anos atrás, para se transformar hoje no maior encontro científico mundial no estudo de formigas, com centenas de contribuições de brasileiros e colegas estrangeiros, com repercussão global.

Além de tempestivo, o presente dossiê revela pontos interessantes, levanta questões e aponta cenários; apesar de não se pretender completo, o dossiê é um indicativo interessante e rico.

Os autores de contribuições neste dossiê vêm de 12 estados brasileiros, das cinco regiões do país, mas sabemos que existem mais grupos trabalhando na maioria dos estados, grande parte já com um histórico respeitável, mas alguns deles necessitando de apoio, tanto em infraestrutura quanto em capacitação.

Das vinte e cinco contribuições, sete dedicam-se às talvez principais coleções de formigas em instituições públicas brasileiras, acervos construídos a partir do esforço somado de dezenas, senão centenas, de pesquisadores ao longo de mais de um século. Estão representados nesses artigos acervos de instituições universitárias ou de pesquisa federais, estaduais e municipais, que são também locais privilegiados para a formação de pessoal especializado e para o desenvolvimento de programas de pesquisa.

Entretanto, em números de exemplares, os acervos brasileiros de formigas somados mal chegam a dois milhões de exemplares, o que é insuficiente para representar em coleções a riqueza e diversidade da fauna de formigas do Brasil. Há muito o que se fazer ainda para um conhecimento razoável da taxonomia e sistemática das formigas que aqui ocorrem. Não podemos esquecer que a maior parte dos táxons de formigas a serem descritos está no Brasil e nos seus vizinhos.

Os temas cobertos pelo dossiê revelam também a diversidade de interesses e linhas de pesquisa atuais da Mirmecologia brasileira, abrangendo temas tão diversos quanto o emprego de formigas como recursos alimentares, relações de formigas com hemípteros, jardins de formigas, ultramorfolgia da relação de formigas com *Beauveria*, morfometria de operárias de Ponerinae, formigas cortadeiras de Goiás, formigas do Acre, primeiro registro de bivaque arbóreo da magnífica *Eciton rapax*, comportamento alimentar de rainhas de *Camponotus*, aranhas miméticas na coleção do CPDC, relação entre a circunferência de árvores e as comunidades de formigas que sustentam, morfometria de cromossomos de *Camponotus*, descrição de nova espécie de *Discothyrea*, alometria de formigas e sementes na Amazônia



central e limitação de sódio como recurso na terra-firme da Amazônia. São tratados em profundidade e competência, mas inúmeros outros temas, tão interessantes e instigantes quanto estes, estão também em desenvolvimento em laboratórios no país e no exterior.

Por fim, completam o dossiê artigos sobre as contribuições da inesquecível Elena Dihel, sobre a inestimável contribuição feminina à Mirmecologia e uma discussão sobre os desafios para uma carreira na Mirmecologia no século XXI.

É interessante destacar, no contexto que discuto, que os artigos aqui reunidos tiveram a contribuição de colegas de outros países que trabalham em instituições de grande prestígio, como as Universidades de Cornell e Arizona State, *Smithsonian Institution* e *California Academy of Sciences*, numa demonstração da inserção internacional que comentei acima.

Estas constatações permitem a construção de uma política nacional que garanta o desenvolvimento mais equilibrado da Mirmecologia em todo território nacional, numa articulação entre projetos nacionais, regionais e locais. Projetos que possam explorar questões consideradas relevantes pela comunidade e permeiem o trabalho integrado de equipes com distintas formações e origens, e complementarmente explorem as questões científicas e de cunho prático que o estudo de formigas nos propõe. Mãos à obra!



Figura. Operárias de *Dolichoderus* sp. em um arbusto localizado no Campus de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, Pará. Foto: César Augusto Chaves Favacho (2013).

# Myrmecology: majority of females only within the colony

## Mirmecologia: maioria das fêmeas apenas dentro da colônia

Manuela de O. Ramalho<sup>I</sup>  | Cintia Martins<sup>II</sup>  | Corrie S. Moreau<sup>III</sup> 

<sup>I</sup>Cornell University. Department of Entomology. Ithaca, Nova York, USA

<sup>II</sup>Universidade Federal do Piauí. Parnaíba, Piauí, Brasil

<sup>III</sup>Cornell University. Department of Ecology and Evolutionary Biology. Ithaca, Nova York, USA

**Abstract:** Diversity and inclusion in science are issues that still need to be addressed and the scientific community should act urgently to overcome disparities especially because women are still underrepresented across science, technology, engineering, and math (STEM). Information about women authoring scientific papers are important data that can help us understand if a specific field is inclusive. We focussed on the area of Myrmecology and we investigated whether first and last authorship is biased in this field. This study showed that although our research focuses on a group dominated by females (ants) in terms of authorship of papers it is still a male dominated society with no significant increases in female representation since 1990 with women representing only 35.59% of first authors and 22.90% of last authors. And despite our data showing promising trends for the last few years (2016-2018) where we see a slight increase in women as first authors however for the last author position there has still been no change. We also compared worldwide results to that of myrmecologists from Brazil, a hub of ant biological research. We conclude our study by proposing several actions that we can all do to overcome this issue and make science more equal and inclusive.

**Keywords:** Women in science. Diversity in science. Authorship. Gender equality.

**Resumo:** Diversidade e inclusão na ciência são questões que ainda precisam ser abordadas e a comunidade científica deve agir com urgência para superar as disparidades, especialmente porque mulheres ainda estão subrepresentadas nos campos da ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM). Informações sobre mulheres que escrevem artigos científicos são dados importantes e podem nos ajudar a entender se um campo específico é inclusivo. Focamos na área da Mirmecologia e investigamos se a primeira e a última autoria são tendenciosas nesse campo. Este estudo mostrou que, embora a pesquisa se concentre em um grupo dominado por fêmeas (formigas), em termos de autoria de artigos científicos ainda se trata de uma sociedade dominada por homens, sem aumentos significativos na representação feminina desde 1990, com apenas 35,59% como primeiras autoras e 22,90% como últimas autoras. Apesar de os dados mostrarem tendências promissoras dos últimos anos (2016-2018), com ligeiro aumento de mulheres como primeiras autoras, para a última autoria ainda não houve mudanças. Também comparamos os resultados mundiais com os mirmecologistas do Brasil, que é um centro de referência em pesquisas com formigas. Concluímos nosso estudo propondo várias ações que todos podemos fazer para superar esse problema e tornar a ciência mais igual e inclusiva.

**Palavras-chave:** Mulheres na ciência. Diversidade na ciência. Autoria. Igualdade de gênero.

---

RAMALHO, M. O., C. MARTINS & C. S. MOREAU, 2020. Myrmecology: majority of females only within the colony. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(1): 17-26. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.241>.

Autora para correspondência: Manuela de O. Ramalho. Cornell University. Department of Entomology. Ithaca, NY, USA. 14850 (manu.ramalho@cornell.edu).

Recebido em 23/12/2019

Aprovado em 27/02/2020

Responsabilidade editorial: Livia Pires do Prado



## BACKGROUND

Science can help us understand the world around us and improve the quality of life for humanity. With all this potential, science should be equally accessible to everyone. But it is not what several studies have shown where women are often underrepresented in the workforce and this situation is also true across science, technology, engineering, and math, called the STEM fields (Goulden *et al.*, 2011; Shen *et al.*, 2018; Ysseldyk *et al.*, 2019).

The reasons for this disparity are numerous and require further investigation to be corrected. For example, The Royal Society of Chemistry (2019) report showed that women are less likely to have articles accepted in chemistry journals than men. In addition, this gender bias also occurs in citations, where women's papers have fewer citations compared to male authors. There are several reasons that contribute to these situations. But Murray *et al.* (2018) showed that reviewers tend to favor same-sex authors. Since there is a majority of men composing the editorial members of journals, this may contribute to gender disparity.

In Latin America data has shown that women are underrepresented in ecology and zoology journals in several subfields across regions and countries of this place, with Brazil being represented with around 30% of women authorship in this area (Salerno *et al.*, 2019). Another intriguing study has shown that 49% of Brazilian scientific studies are produced by women (Elsevier, 2017), but the vast majority of national research productivity scholarship awards (an award granted by the Brazilian National Council for Scientific and Technological Development - *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/CNPq* - to researchers with outstanding production in areas of science) are held by men, and the small number of women that have been awarded these fellowships are in the lower ranked categories in the research ranking system (Valentova *et al.*, 2017). Furthermore, the scenario is not better

for Brazilian scientists in other fields including physics (Brito *et al.*, 2015). Although the causes of the disparities are diverse, these studies demonstrate that Brazil is far from having equality in science.

Although it has been shown that representation and role models are important (Lockwood, 2006), there are several fields of study that suffers from underrepresentation of women and other minorities, and entomology is not immune with salaries significantly lower for females compared to males (Reece & Hardy, 2017; Walker, 2018). Myrmecology is an active field of study within entomology, having a large number of ant scientists around the world. However, there have been no studies yet that examine female representation in myrmecology. One of the major milestones in the field of myrmecology was the publication of "The Ants" in 1990 (Hölldobler & Wilson, 1990), which won numerous awards helping spread ant knowledge worldwide and inspiring a new generation of ant scientists. Since then, significant technological advances have been made including worldwide accessibility to the internet, which has acted as a major propeller for science and data sharing. Ease of obtaining information through the emergence of online public databases like the National Center for Biotechnology Information (NCBI) is just one example of the way the internet facilitates science.

Against this backdrop, the motivation of this study is to evaluate female representation in myrmecology worldwide since 1990 by measuring the number of publications in NCBI with women as first and last authors. In addition, the study also analyzes the impact of women representation in Brazil in this century, being the first study to address the representation of women in myrmecology. Our data is alarming and points out that time alone will not resolve the situation, so direct measures are needed to overcome this bias. However, in addition to highlighting the problem, we also suggest a series of actions, personal and institutional, that can help overcome the injustices that women myrmecologists face daily and in their careers.





## METHODS

We downloaded the citations for all manuscripts (8,472) associated with the word 'Formicidae' from PubMed's MEDLINE database on the Jupiter notebook (Kluyver *et al.*, 2016) and then filtered the manuscripts from the year 1990 to 2018, leaving 7,563 records. It is important to highlight that another reason we focused on 1990-2018 publications because the use of alphabetical authorship in scientific publishing has declined in the last several decades (Waltman, 2012). Since these are the two most prestigious positions of the manuscript in our field, the gender/sex of the first and last author of each paper were predicted by genderizeR package (Wais, 2016), in the R software (R Development Core Team, 2019). This R package has over 250,000 names in the database and is able to predict the gender of the name using social media data from over 79 countries and 89 languages. We only included names with 0.9 confidence in our study. Obtaining NCBI information from manuscripts is a complex task, so our data was also manually checked for confirmation of gender for those not predicted by genderizeR. A total of 5,833 manuscripts were successfully classified by gender for the first and last authors and were included in subsequent analyses.

The analyses were conducted primarily focusing on the percentage of females as the first and last author of the manuscripts. To estimate this representation across time (1990-2018), the year of publications were also considered. To assess female representation in myrmecology over the last 29 years (1990-2018) statistical analyses using the T-test in R were implemented to ascertain if there is a significant difference from the average across all years to the present. We also investigated the number of manuscripts with same sex first and last authors (female:female and male:male).

As a second part of our analyses we focused on data on Brazilian authors because this country is known worldwide for great myrmecological diversity – both number of myrmecologists and ant species biodiversity

– and has hosted a bi-annual myrmecological meeting for over 40 years. Therefore, using the same techniques described above we ask the same questions, but only for Brazilian first and last authors (414 manuscripts were successful in classifying the gender), and for a smaller number of years (2001-2018) due to difficulty in obtaining correct NCBI information for author country in older manuscripts (last century). These data also served as a comparison with the rest of the world.

## RESULTS

Information from a total of 8,472 manuscripts published between 1990 and 2018 in the field of myrmecology was downloaded, of which 5,833 we could assign the gender/sex of the first and last authors. As expected, most authors in the field of myrmecology are male, with women representing only 35.59% of first authors and 22.90% of last authors. These data were also categorized by year (Figure 1A), and although there are a few atypical years with increases in female representation in both manuscript positions, our statistical analysis shows that there was no significant change between the average (first author = 29.53, last author = 20.37) across the 29 years included in our analysis and the current publication numbers (first author:  $t = 1.0179$ ,  $p\text{-value} = 0.4943$ ; last author:  $t = 1.0187$ ,  $p\text{-value} = 0.4941$ ). This indicates that since 1990, overall there have been no significant increases in female representation in myrmecology.

The data look promising when focused specifically at the last few years (2016-2018) for female representation as first authors, which corresponds to around 40% of the manuscripts. However, by analyzing the results of women as last authors for the same period (2016-2018), our data reveals that there have been no changes in our field for this position (Figure 1A).

Our data are even more surprising when we analyze the number of publications where the first or last authors are of the same gender (female:female or male:male). The number of manuscripts that had



women as first and last author on the same publication corresponds only to 9.90% of the manuscripts when compared to publications with both the first and the last authors are male, representing 50.58% of the total papers included in this study (Figure 1B).

When the data focused only on Brazil, the results show a slight advance compared to the worldwide data with female first authors corresponding to about 43% and last authors with 25.65%. Also, the same pattern was found with jumps in female representation in some atypical years, with women as first authors standing out in 2016 and 2017 representing about 60% of all publications. But what caught our attention was the decrease of females as the last author in recent years (Figure 2A). Our statistical analysis also showed no overall progress when comparing the average across all years (first author = 40.50, last author = 27.46) with the current year (first author:  $t = 1.028$ ,  $p\text{-value} = 0.4912$ ; last author:  $t = 1.0213$ ,  $p\text{-value} = 0.4933$ ). The combination of women as both the first and last author in Brazil also was slightly better compared to the worldwide data with 13% of manuscripts first and last authored by women, but manuscripts with men in the first and last author positions were still a large majority for 43.64% of manuscripts from Brazil (Figure 2B), confirming the trend of the world scenario.

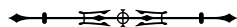
## DISCUSSION

One of the most significant years for the field of myrmecology was the year that "The Ants" was published by Hölldobler & Wilson (1990). This book has won internationally renowned awards and helped bring attention to the field of myrmecology around the world. With the advance of technology, and using data mining techniques, for the first time, we can assess the impact of female representation as first and last authors in the field of myrmecology since 1990. Our study highlights that there have been no significant changes in the last three decades, especially for women as the

last authors which is an estimate of career success in high-level positions.

Our data highlight the problem described for women in other STEM fields, which often uses the leaky pipeline metaphor (Goulden *et al.*, 2011; Ysseldyk *et al.*, 2019). The central idea is that as women advance their careers and seek higher career positions, there is a leak at every step. Multiple causal factors can contribute to and propagate this situation, such as imposter syndrome, sexism, maternity leave, the glass ceiling, sexual harassment and all this can influence a woman's decision to leave their careers in academia (Ysseldyk *et al.*, 2019).

In spite of the fact that groups with greater diversity of people can achieve better problem solving and scientific impact (Campbell *et al.*, 2013; Hong & Page, 2004), our data suggest that in myrmecology gender diversity has still not been achieved. Although our data did not access the genders of middle authors from the included manuscripts, the two most prestigious positions of the manuscript being held by more than 50% of men are not a good indicator of gender parity. Often considered the most prestige position, the last authorship in myrmecology highlights one important fact: women are in lower numbers as leading research groups in this field of study, corroborating data found in other studies highlighting that more women leave academia after graduating, after finishing their postdoctoral research, or before becoming the principal investigator of a research group (West *et al.*, 2013). In Brazil, the scenario is even more worrisome with women being underrepresented in the last author positions and decreasing in the last years while first authorship positions are increasing. In addition as Brazilian institutions and governments cut budgets for scientific research (Escobar, 2019; Magnusson *et al.*, 2018) this context may get worst in the next several years with the 'brain drain' of young researchers to other countries due to the lack of opportunities for scientists (Boggio, 2019).



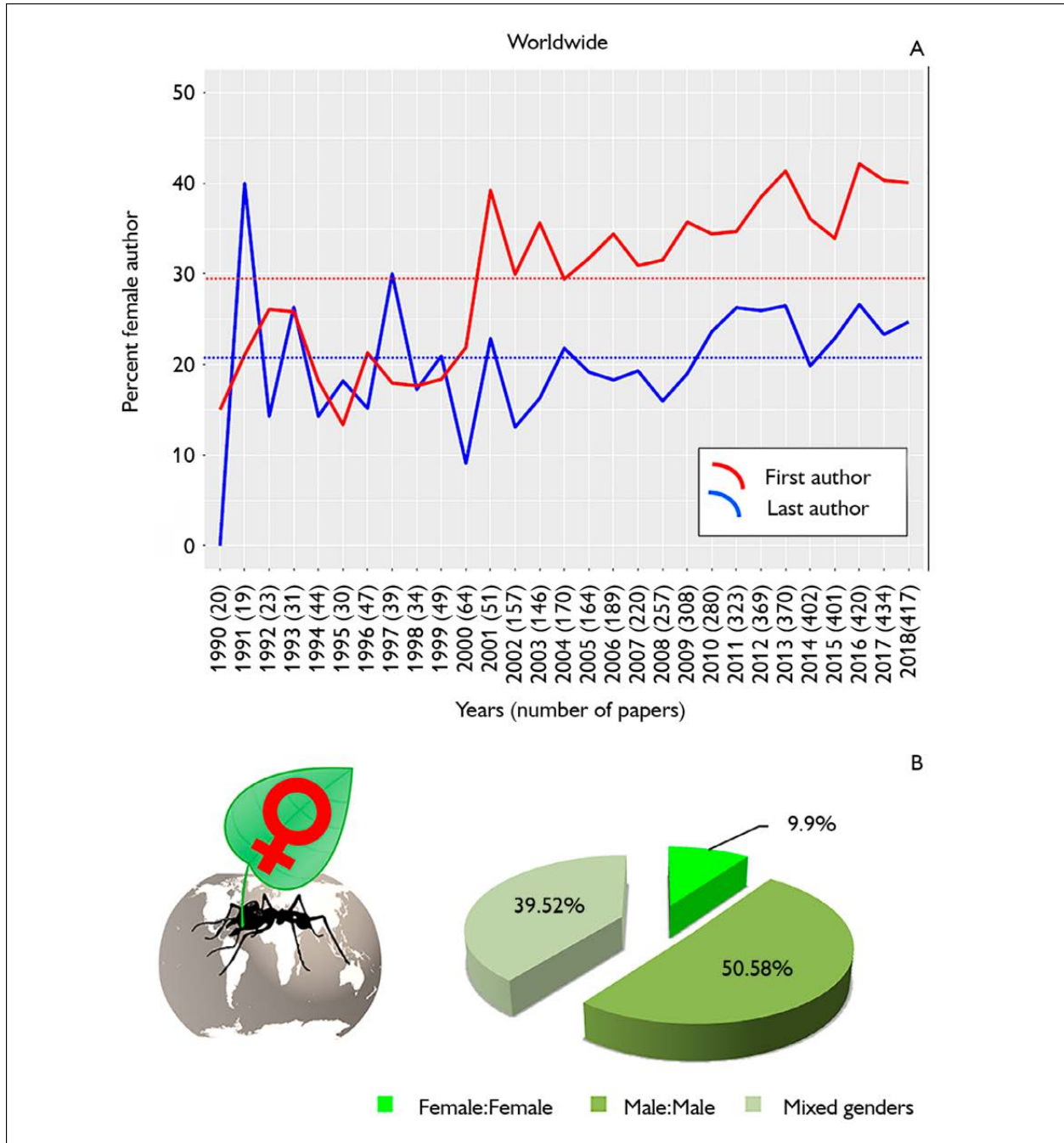


Figure 1. Worldwide representation of female authors in myrmecology publications: A) representation of females as the first or last authors of manuscripts in the field of myrmecology over the past 29 years. The x-axis indicates the years 1990-2018. The y-axis indicates the percentage of female authors. Female first authors are represented by the red line. Female last authors are indicated by the blue line. The dotted line indicates the average of all years of publication (color red represents the first author, and color blue the last author); B) worldwide representation of gender parity as both first and last author of manuscripts. Female:Female means that both the first author and the last author of the manuscript are female. Male:Male means that the first author and the last author of the manuscript is male. Mixed genders there is a combination of both genders for these positions in the manuscripts.

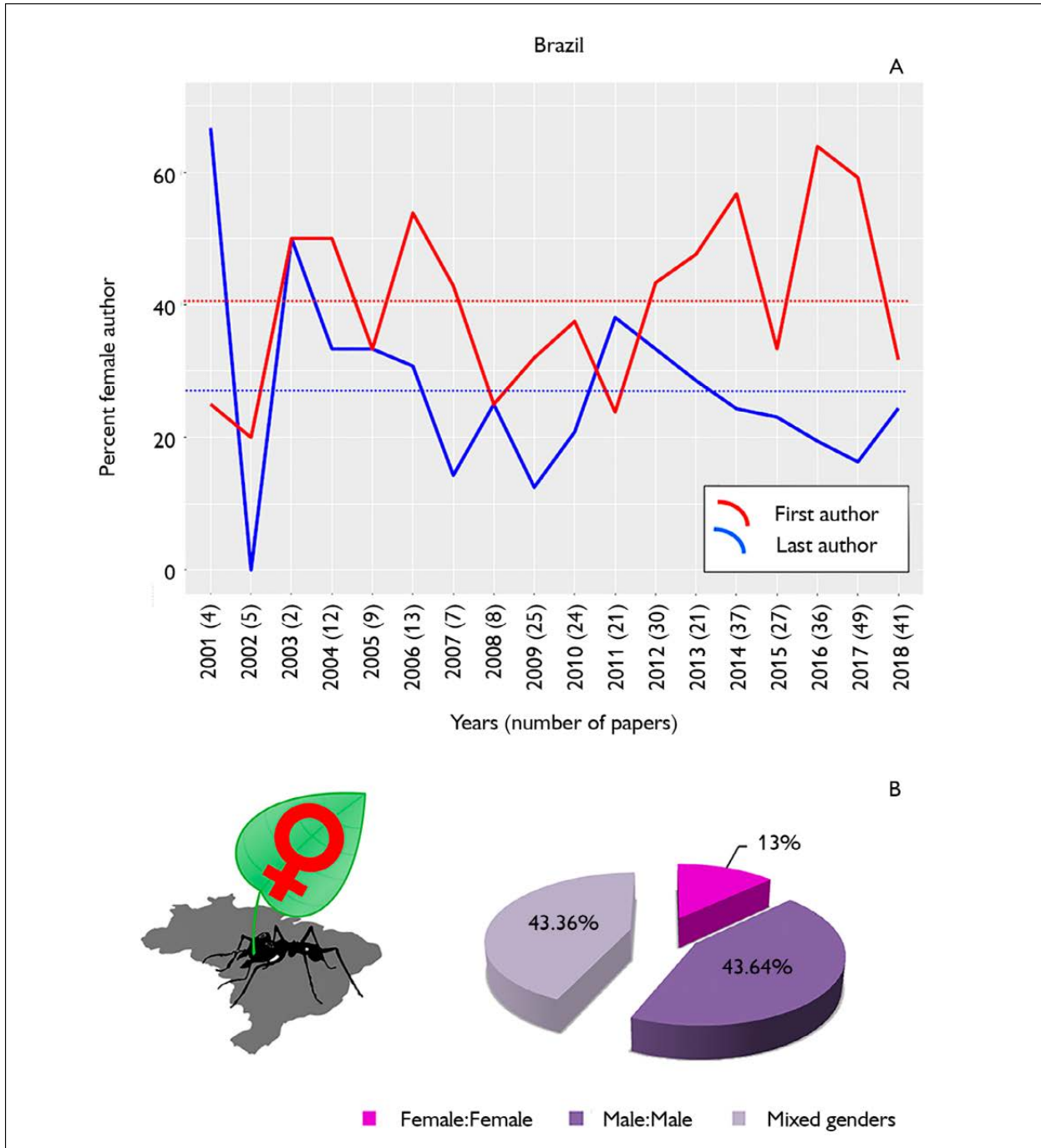


Figure 2. Brazil representation of female authors in myrmecology publications: A) representation of females as the first or last author of publications in the field of myrmecology over the past 18 years. The x-axis indicates the years 2001-2018. The y-axis indicates the percentage of female authors. Female first authors are represented by the red line. Female last authors are indicated by the blue line. The dotted line indicates the average of all years of publication (color red represents the first author, and color blue the last author); B) Brazil representation of gender parity as both first and last author of publications. Female:Female means that both the first author and the last author of the manuscript are female. Male:Male means that the first author as well as the last author of the manuscript is male. Mixed genders there is a combination of both genders for these positions in the manuscripts.

Unfortunately, this is not just a myrmecology problem. Our study corroborates other studies in several fields in the sciences in which the same trends were found with women being the minority as first and last authors (Dizney *et al.*, 2019; Martin, 2012; Shen *et al.*, 2018; West *et al.*, 2013). In the fields of ecology and zoology, the same trends were found with women occupying 35.2% and 27.9% of first and last authorship positions respectively in the year 2016 in the most prestigious journals in these fields (Salerno *et al.*, 2019).

Our data suggest that time alone will not solve this problem as has been suggested, and that we must seek active measures that minimize gender disparity, especially in the highest academic positions. Several studies have shown that everyone has some amount of implicit bias (Project Implicit, 2011), which we all have to continually and actively work to minimize. Researchers have also showed that mentors and role models are very important to increasing diversity across many fields, including science (Lockwood, 2006).

To help overcome bias in science there are many things both women and men can do, including support policy changes that limit/reduce/remove bias in your institution and at federal levels, be aware of your biases and work to overcome them, encourage and support underrepresented groups in STEM fields including women, and nominate women for awards, not only tenured faculty but also early career women. We also should ensure diversity on all admissions, hiring, promotion, and award committees. Lastly, we encourage everyone to join and support women in science or other diversity groups regardless of their gender/sex/ethnic background/etc. To reduce bias that promotes gender disparity in publications, journals should invest in bias identification training, double-blind reviews (Budden *et al.*, 2008), and include women as reviewers and as part of their editorial boards (Murray *et al.*, 2018). It is also important to increase the visibility of women within myrmecology and STEM more generally, by supporting their careers by inviting women to present in symposiums, meetings, workshops, and other events, as a way to support her work and get people to know her research and her group or laboratory.

By doing this we are also encouraging and inspiring female undergraduates or graduates that may be present at these events (Dizney *et al.*, 2019). Another topic that we must give special attention is ethnic diversity, which is extremely important when talking about 'women in science'. There is still an abyss when we discuss the representativeness of white and black women (and indigenous women too) in the sciences, and supporting them is critical to achieving equity in the sciences (McGee & Bentley, 2017).

Family commitments and the arrival of children can also add to the pipeline leak that causes women to postpone or interrupt their careers (Adamo, 2013; Ceci *et al.*, 2009; Martinez *et al.*, 2007; Wolfinger *et al.*, 2016). Therefore, the support in the workplace by supervisors is essential for the women to feel safe and valued so she does not feel she has to give up her career or personal life. Maternity/paternity leave and flexible working hours for both parents are also critical when a new family member arrives. Often this is only seen as something that women must face and solve. Support with childcare at academic events and at work also ensures parents (especially the women) do not have to pause their careers (Ramalho *et al.*, 2020). According to the NSF & NCSES (2017) report, white men are the majority across all STEM fields. Therefore, we know that having them as allies and champions of reducing bias in science is imperative. The threat of retaliation impacts men less (Liyanarachchi & Adler, 2011) and for that reason when white men advocate for women and other underrepresented minorities, they are less likely to suffer the same retaliation. For scientists with established careers, one strategy to increase the visibility of women and other minority scientists that has been gaining support is to only agree to be a keynote or plenary speaker at events that are balancing gender equality at the event. Most importantly, the best way to be an ally and to promote the inclusion of women in science is for men to not tolerate unacceptable behavior from other men in the presence or absence of women, and to advocate that such behavior will no longer be tolerated. A summary of the actions proposed is presented in Figure 3.



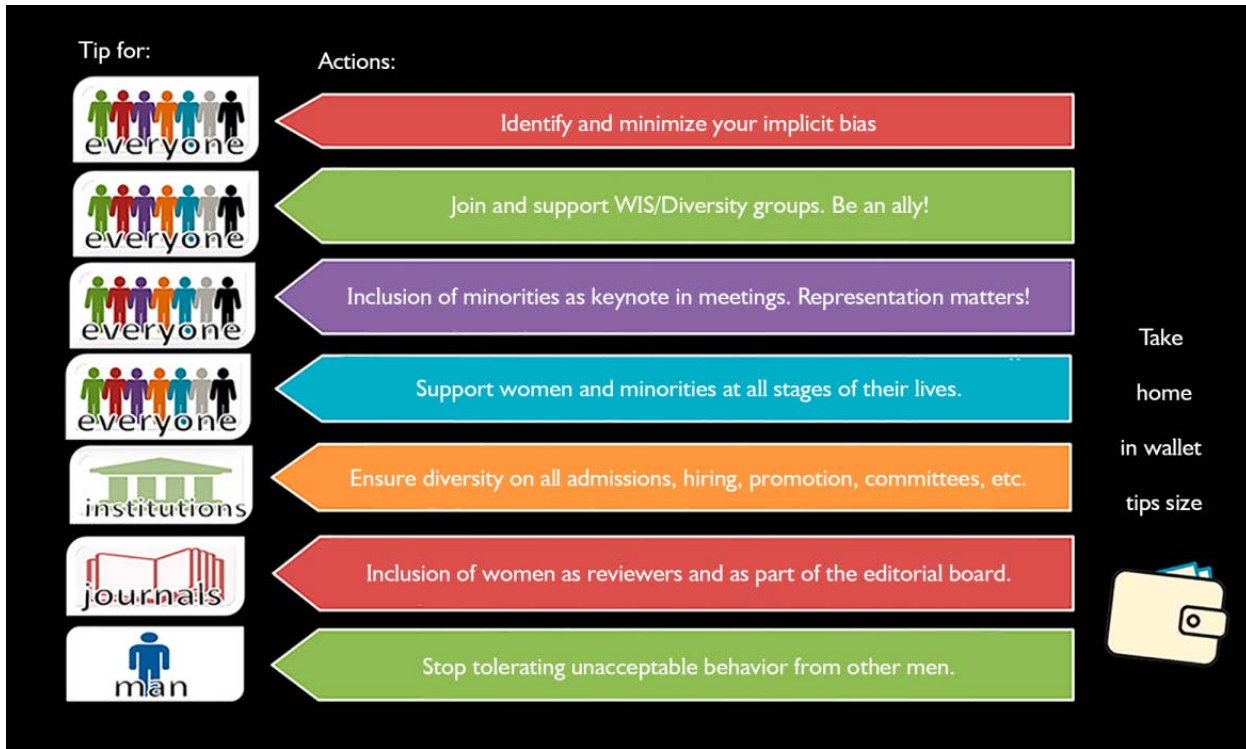


Figure 3. Summary of proposed actions to make science more diverse and inclusive.

## CONCLUSION

For the first time, we have assessed whether there is gender parity within myrmecology, and our results show that we still have a long way to go to achieve equality. In addition, our study shows that time alone will not solve the problem and so we have listed several measures needed to make our field of study more inclusive.

## ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank all the women and men who have always encouraged and supported our careers and all the other women in science. We would also like to thank Bert Hölldobler and Edward O. Wilson for the brilliant work of inspiring an entire generation of myrmecologists. We also thank editors Livia Pires do Prado and Rony Peterson for this important initiative, and we thank all reviewers for their valuable comments and suggestions. All authors thank Biotechnology Institute (BioHPC) from Cornell

University with help with bioinformatics and Stephen Parry at the Cornell Statistical Consulting Unit (CSCU) for his help with the statistics. MOR and CSM also thank U.S. National Science Foundation (NSF DEB 1900357) for financial support.

## REFERENCES

- ADAMO, S. A., 2013. Attrition of women in the biological sciences: workload, motherhood, and other explanations revisited. *BioScience* 63(1): 43-48. DOI: <http://doi.org/10.1525/bio.2013.63.1.9>.
- BOGGIO, P. S., 2019. Science and education are essential to Brazil's well-being. *Nature Human Behaviour* 3: 648-649. DOI: <http://doi.org/10.1038/s41562-019-0646-y>.
- BRITO, C., D. PAVANI & P. LIMA JR., 2015. Meninas na Ciência: atraindo jovens mulheres para carreiras de Ciência e Tecnologia. *Gênero* 16(1): 33-50.
- BUDDEN, A. E., T. TREGENZA, L. W. AARSSSEN, J. KORICHEVA, R. LEIMU & C. J. LORTIE, 2008. Double-blind review favours increased representation of female authors. *Trends in Ecology & Evolution* 23(1): 4-6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.07.008>.



- CAMPBELL, L. G., S. MEHTANI, M. E. DOZIER & J. RINEHART, 2013. Gender-heterogeneous working groups produce higher quality science. **PLOS ONE** 8(10): e79147. DOI: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0079147>.
- CECI, S. J., W. M. WILLIAMS & S. M. BARNETT, 2009. Women's underrepresentation in science: sociocultural and biological considerations. **Psychological Bulletin** 135(2): 218-261. DOI: <http://doi.org/10.1037/a0014412>.supp.
- DIZNEY, L. J., J. KARR & R. J. ROWE, 2019. The contribution and recognition of women in the field of mammalogy. **Journal of Mammalogy** 100(3): 678-689. DOI: <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyy170>.
- ELSEVIER, 2017. **Gender in the global research landscape**: analysis of research performance through a gender lens across 20 years, 12 geographies, and 27 subject areas. Available at: [https://www.elsevier.com/\\_data/assets/pdf\\_file/0008/265661/ElsevierGenderReport\\_final\\_for-web.pdf](https://www.elsevier.com/_data/assets/pdf_file/0008/265661/ElsevierGenderReport_final_for-web.pdf). Accessed on: September 2019.
- ESCOBAR, H., 2019. Brazilian scientists lament 'freeze' on research budget. **Science** 364(6436): 111.
- GOULDEN, M., M. A. MASON & K. FRASCH, 2011. Keeping women in the science pipeline. **Annals of the American Academy of Political and Social Science** 638(1): 141-162. DOI: <http://doi.org/10.1177/0002716211416925>.
- HÖLLDOBLER, B. & E. WILSON, 1990. **The Ants**. Springer, Berlin.
- HONG, L. & S. E. PAGE, 2004. Groups of diverse problem solvers can outperform groups of high-ability problem solvers. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** 101(46): 16385-16389. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0403723101>.
- KLUYVER, T., B. RAGAN-KELLEY, F. PÉREZ, B. GRANGER, M. BUSSONNIER, J. FREDERIC, K. KELLEY, J. HAMRICK, J. GROUT, S. CORLAY, P. IVANOV, D. AVILA, S. ABDALLA, C. WILLING & JUPYTER DEVELOPMENT TEAM (2016). Jupyter Notebooks—a publishing format for reproducible computational workflows. In: F. LOIZIDES & B. SCHMIDT (Ed.): **Positioning and power in academic publishing: players, agents and agendas**: Proceedings of the 20th International Conference on Electronic Publishing: 87-90. IOS Press, Amsterdam/Berlin/Washington. DOI: <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-649-1-87>.
- LIYANARACHCHI, G. A. & R. ADLER, 2011. Accountants' whistleblowing intentions: the impact of retaliation, age, and gender. **Australian Accounting Review** 21(2): 167-182. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1835-2561.2011.00134.x>
- LOCKWOOD, P., 2006. "Someone like me can be successful": do college students need same-gender role models? **Psychology of Women Quarterly** 30(1): 36-46. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1471-6402.2006.00260.x>.
- MAGNUSSON, W. E., C. E. V. GRELE, M. C. M. MARQUES, C. F. D. ROCHA, B. DIAS, C. S. FONTANA, H. BERGALLO, G. E. OVERBECK, M. M. VALE, W. M. TOMAS, R. CERQUEIRA, R. COLLEVATTI, V. D. PILLAR, L. R. MALABARBA, A. C. LINS-E-SILVA, S. NECKEL-OLIVEIRA, B. MARTINELLI, A. AKAMA, D. RODRIGUES, L. F. SILVEIRA, A. SCARIOT & G. W. FERNANDES, 2018. Effects of Brazil's political crisis on the science needed for biodiversity conservation. **Frontiers in Ecology and Evolution** 6: 163. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00163>.
- MARTIN, L. J., 2012. Where are the women in ecology? **Frontiers in Ecology and the Environment** 10(4): 177-178. DOI: <https://doi.org/10.1890/12.WB.011>.
- MARTINEZ, E. D., J. BOTOS, K. M. DOHONEY, T. M. GEIMAN, S. S. KOLLA, A. OLIVERA, Y. QIU, G. V. RAYASAM, D. A. STAVREVA & O. COHEN-FIX, 2007. Falling off the academic bandwagon. Women are more likely to quit at the postdoc to principal investigator transition. **EMBO Reports** 8(11): 977-981. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.embo.7401110>.
- MCGEE, E. O. & L. BENTLEY, 2017. The troubled success of black women in STEM. **Cognition and Instruction** 35(4): 265-289. DOI: <https://doi.org/10.1080/07370008.2017.1355211>.
- MURRAY, D., K. SILER, V. LARIVI, W. M. CHAN & A. M. COLLINGS, 2018. Author-reviewer homophily in peer review. **BioRxiv** 400515. DOI: <https://doi.org/10.1101/400515>.
- NATIONAL SCIENCE FOUNDATION (NSF) & NATIONAL CENTER FOR SCIENCE AND ENGINEERING STATISTICS (NCSES), 2017. **Women, minorities, and persons with disabilities in science and engineering - NCSES - US National Science Foundation (NSF)**. Available at: <https://www.nsf.gov/statistics/2017/nsf17310/>. Accessed on: September 2019.
- PROJECT IMPLICIT, 2011. Available at: <https://implicit.harvard.edu/>. Accessed on: September 2019.
- RAMALHO, M. O., P. DECIO, E. Z. ALBUQUERQUE & F. ESTEVES, 2020. Parenting in the field of myrmecology: career challenges in the 21st century. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(1): 27-37. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.255>.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019. **R**: a language and environment for statistical computing. Available at: <http://www.R-project.org>. Accessed on: September 2019.
- REECE, R. L. & M. C. HARDY, 2017. Moving beyond metrics: a primer for hiring and promoting a diverse workforce in entomology and other natural sciences. **Annals of the Entomological Society of America** 110(5): 484-491. DOI: <https://doi.org/10.1093/aesa/sax059>.
- SALERNO, P. E., M. PÁEZ-VACAS, J. M. GUAYASAMIN & J. L. STYNOSKI, 2019. Male principal investigators (almost) don't publish with women in ecology and zoology. **PLOS ONE** 14(6): e0218598. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218598>.

SHEN, Y. A., J. M. WEBSTER, Y. SHODA & I. FINE, 2018. Persistent underrepresentation of women's science in high profile journals. **BioRxiv** 275362. DOI: <https://doi.org/10.1101/275362>.

THE ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2019. **Is publishing in the chemical sciences gender biased?** Driving change in research culture. Available at: <https://www.rsc.org/globalassets/04-campaigning-outreach/campaigning/gender-bias/gender-bias-report-final.pdf>. Accessed on: September 2019.

VALENTOVA, J. V., E. OTTA, M. L. SILVA & A. G. MCELLIGOTT, 2017. Underrepresentation of women in the senior levels of Brazilian science. **PeerJ** 5: e4000. DOI: <http://doi.org/10.7717/peerj.4000>.

WAIS, K., 2016. Gender prediction methods based on first names with genderizeR. **The R Journal** 8(1): 17-37.

WALKER, K. A., 2018. Gender gap in professional entomology: women are underrepresented in academia and the U.S. Government. **Annals of the Entomological Society of America** 111(6): 355-362. DOI: <http://doi.org/10.1093/aesa/say030>.

WALTMAN, L., 2012. An empirical analysis of the use of alphabetical authorship in scientific publishing. **Journal of Informetrics** 6(4): 700-711. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2012.07.008>.

WEST, J. D., J. JACQUET, M. M. KING, S. J. CORRELL & C. T. BERGSTROM, 2013. The role of gender in scholarly authorship. **PLOS ONE** 8(7): e66212. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066212>.

WOLFINGER, N. H., M. A. MASON & M. GOULDEN, 2016. Problems in the pipeline: gender, marriage, and fertility in the Ivory Tower. **The Journal of Higher Education** 79(4): 388-405. DOI: <http://doi.org/10.1080/00221546.2008.11772108>.

YSSELDYK, R., K. H. GREENAWAY, E. HASSINGER, S. ZUTRAUEN, J. LINTZ, M. P. BHATIA, M. FRYE, E. STARKENBURG & V. TAI, 2019. A leak in the academic pipeline: identity and health among postdoctoral women. **Frontiers in Psychology** 10: 1297. DOI: <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01297>.



# Parenting in the field of myrmecology: career challenges in the 21st century

## Parentalidade no campo da mirmecologia: desafios da carreira no século XXI

Manuela O. Ramalho<sup>I</sup>  | Pâmela Decio<sup>II</sup>  | Emilia Zoppas de Albuquerque<sup>III, IV</sup>  | Flavia Esteves<sup>V</sup> 

<sup>I</sup>Cornell University. Department of Entomology. Ithaca, New York, USA

<sup>II</sup>Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Instituto de Biociências de Rio Claro.

Centro de Estudos de Insetos Sociais. Rio Claro, São Paulo, Brasil

<sup>III</sup>School of Life Sciences. Arizona State University. Tempe, Arizona, USA

<sup>IV</sup>National Museum of Natural History. Smithsonian Institution. Washington, DC, USA

<sup>V</sup>California Academy of Sciences. Entomology. San Francisco, California, USA

**Abstract:** Female representation in STEM fields is often explained by the leaky pipeline metaphor, and previous work has shown that the arrival of children is one of the main causes. Thus, understanding how the arrival of children can impact the careers of scientists in the field of myrmecology could provide insight into how to promote a better policy to support women in the sciences and reduce gender disparity. Therefore, we aimed to 1) understand myrmecologist parents and identify the challenges they face, and 2) compare academic productivity between parents and the control groups (researchers without children). Our results indicate that even though myrmecologist parents work less at home, they maintain productivity in activities that are part of the regular academic research routine (such as publishing manuscripts, submitting grant proposals, advising mentees, and teaching classes). However, even after five years of their children's arrival, activities such as field trips, public speaking and conference attendance are still affected. This is the first study about parenting in the field of myrmecology, and our findings can help funding agencies and institutions promote the best policies, workplace flexibility, and inclusivity to support parents in science, especially women.

**Keywords:** Children. Academic career. Inclusion. Gender. Women in science.

**Resumo:** A representação feminina nas áreas de STEM é muitas vezes explicada pela metáfora do *'leaky pipeline'*, e trabalhos anteriores mostraram que a chegada dos filhos é uma das principais causas. Assim, entender como a chegada dos filhos pode impactar a carreira dos cientistas na mirmecologia pode fornecer informações importantes para promover políticas públicas de apoio às mulheres nas ciências e reduzir a disparidade de gênero. Portanto, objetivamos: 1) conhecer os pais mirmecologistas e identificar os desafios que enfrentam; 2) comparar a produtividade acadêmica entre pesquisadores com filhos e sem filhos (grupo-controle). Nossos resultados indicam que, apesar de os pais mirmecologistas trabalharem menos em casa, eles mantêm a produtividade em atividades que fazem parte da rotina regular de pesquisa acadêmica (publicação de manuscritos, submissão de projetos, orientação de alunos e realização de aulas), entretanto, mesmo depois de cinco anos da chegada de seus filhos, atividades como saídas de campo, palestras e participação em conferências ainda são afetadas. Este é o primeiro estudo sobre parentalidade no campo da mirmecologia, e nossas descobertas podem ajudar agências e instituições de fomento a promoverem as melhores políticas, buscando oferecer flexibilidade no local de trabalho e inclusão para apoiar os pais na ciência, especialmente as mulheres.

**Palavras-chave:** Filhos. Carreira acadêmica. Inclusão. Gênero. Mulheres nas ciências.

---

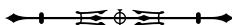
RAMALHO, M. O., P. DECIO, E. Z. ALBUQUERQUE & F. ESTEVES, 2020. Parenting in the field of myrmecology: career challenges in the 21st century. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(1): 27-37. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.255>.

Autora para correspondência: Manuela O. Ramalho. Cornell University. Department of Entomology. 129 Garden Avenue. Ithaca, NY, 14853, USA ([manu.ramalho@cornell.edu](mailto:manu.ramalho@cornell.edu)).

Recebido em 03/01/2020

Aprovado em 26/03/2020

Responsabilidade editorial: Rony Peterson Santos Almeida



## INTRODUCTION

Female representation in science, technology, engineering, and math (STEM) fields is reduced and this is often explained by the leaky pipeline metaphor, where at each subsequent stage of academia there is further reduction or absence of female researchers occupying the highest level of academia, resembling a leak in a pipeline (Blickenstaff, 2005; Goulden *et al.*, 2011; Shen *et al.*, 2018; Ysseldyk *et al.*, 2019). Various reasons for women to discontinue their scientific careers have been identified, and include a hostile environment for women in science, discrimination, sexist attitudes, gender pay inequality, stress, intense workflow in the scientific career, and sexual harassment, among others (Preston, 2004; Blickenstaff, 2005; Adamo, 2013; Ysseldyk *et al.*, 2019). Additionally, the arrival of children is one of the main causes of disparity between men and women during career progression (Ginther & Kahn, 2009; Ecklund & Lincoln, 2011; Goulden *et al.*, 2011; Adamo, 2013; Silva & Ribeiro, 2014; Walker, 2018; Machado *et al.*, 2019; Swann, 2019; Ysseldyk *et al.*, 2019). One of the explanations for women feeling more of an impact on their career is rooted in cultural and historical issues. Even in the 21st century, women are still considered more responsible for domestic tasks and childcare (Preston, 2004; Beltrame & Donelli, 2012; Cech & Blair-Loy, 2019; Ysseldyk *et al.*, 2019), even when they have a professional career and are responsible for financially supporting the household. In addition, as the arrival of children brings many stressful changes in the regular routine (e.g. reduced sleep and work time) (Alstveit *et al.*, 2011). Ideally, a more even division of childcare among all family members, as with other household tasks, may alleviate this burden disproportionately experienced by women.

Finding a way to balance the responsibilities of both one's personal and professional life is a big challenge, one not only faced by scientists (Mobilis *et al.*, 2008; Parsons *et al.*, 2009; Gartke & Dollin, 2010). For mother scientists, the demands of housework and attention to children, coupled with the pressures of academia, make up the most important factors that results in women leaving a scientific career at

higher rates than their male counterparts (Ceci & Williams, 2011; Goulden *et al.*, 2011). The decrease in publications and productivity (Machado *et al.*, 2019), the impossibility of being full time in the laboratory or in the field to continue research (Leventon *et al.*, 2019), and difficulty traveling to attend lectures and conferences (Swann, 2019) are some of the obstacles listed by researchers who have children.

Some extremely effective actions based on inclusive strategies that can be adopted are supervisors that permit more work flexibility, having a collaborative network within a team to move forward on possible segments of research while a member is away on parental leave, and enacting laws that guarantee paid parental (not only maternity) leave (Adamo, 2013; Infanger & Lima, 2019). However, despite the importance of maternity leave for researchers, in Brazil, unlike many countries in Europe (Mascarelli, 2014), this benefit of four months extended maternal leave was only started in 2010, through the Brazilian National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) and the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES). Two years later, the São Paulo State Research Support Foundation (FAPESP) also extended the term of maternal leave for women fellows to four months during graduate programs (Infanger & Lima, 2019).

Other initiatives in Brazil are emerging, such as the "Parent in Science" project, founded by a researcher's group led by Dr. Fernanda Staniscuaski from the Department of Molecular Biology and Biotechnology of the Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS). The project's focus is raising discussions about maternity/paternity within science in Brazil. The group has already presented several seminars and lectures, taking discussions about motherhood and careers throughout Brazil and was collected preliminary data to carefully assess the impact of the arrival of children on the scientific career of women and men, in different stages of academic life. Through the group's actions, some practical effects have already been implemented, for example, addition of maternity leave in the curriculum analysis (Parent in Science, 2019).



The field of entomology (in which myrmecology, the study of ants, is included) is one of the main fields that attract a great number of scientists scattered throughout the world. Within entomology, women scientists still have to deal with lower salaries compared to men (Reece & Hardy, 2017; Walker, 2018). In addition, entomological studies often necessitate field work to collect material/specimens, which becomes complicated with young children. There are few studies that have addressed these questions specific to the field of entomology. Also, we recognize that women are more impacted by the arrival of children, but as a first step to identify challenges and propose substantial changes this study proposes to compare the productivity of all myrmecologist scientists who have children to those who do not. We used indicators such as number of manuscripts published, grant proposals submitted, mentees advised, classes taught, field trips taken, public speaking participation, and conferences attended, among other indices including estimating the average time for recovery of total productivity and the work routine of scientists who had children.

In order to gather data on how the arrival of children can impact the career of scientists (regardless of gender) within the field of myrmecology, we developed an online survey that was released and answered in several myrmecological research groups. As specific objectives, the study intends to 1) understand myrmecologist parents and identify the challenges they face, and 2) compare if parenthood impacts productivity in academic activities that fit the regular routine (publications, grant proposals, mentees, and classes taught) and activities that involve leaving the regular routine (field work, public speaking engagements, and conferences). With our results we aim to suggest measures that promote inclusion and facilitate both the parenting journey and the scientific career of any myrmecologist choosing to have children.

## MATERIALS AND METHODS

In order to conduct this study, a literature review was first carried out to collect data on the reality of myrmecologists

who become parents. The bibliography was based on issues such as the existing legislation to support these parents regarding the work environment, maternity/paternity leave, scientific production, and participation in scientific events hampered by the exclusion of researchers who need to bring their children, and lack of support from advisors, supervisors, and institutions, among other topics that were recurring. As it is a research with humans, before starting our study, we submitted all the documentation for the Institutional Review Board for Human Participants' office at Cornell University for obtaining ethical and legal approval.

Then, a survey through the Google Forms platform was created to collect data on the field experiences of researchers who become parents. Before launching this questionnaire, a pilot survey was conducted with both groups (parents and control – researchers without kids) to incorporate suggestions, and after these accepted suggestions, the survey was widely publicized at the XXIV Simpósio de Mirmecologia – An international ant meeting (XXIV Myrmecology Symposium) in Belo Horizonte, MG, Brazil in September 2019. It was also circulated via email and social networks (such as Facebook, Instagram and Twitter) to reach various research groups and both domestic and international institutions in the field of myrmecology. Myrmecologists with/without children were invited to answer the survey, with researchers without children being used as the control group. The survey was available for 45 days. The script used for the form was built through a line of questioning that involved: 1) Getting to know the researcher and whether or not they have children; 2) Country where the children were born; 3) Academic stage of parents when children were born; 4) Family context when the children arrived; 5) If there was a period of leave such as paid maternity/paternity leave; 6) Support given by a supervisor and the institution; and 7) Impact on academic career (such as numbers of publications, proposal of grants, mentors, classes taught, events attended, public lectures, and field trips etc.). To accomplish the first objective of the study, which is to identify the myrmecologist parents

and their challenges, the answers were submitted to exploratory content analysis and through statistical tests (t-test and linear regression) performed in the software R (R Development Core Team, 2019) to compare both groups (parents and control). To achieve the second objective of the study, evaluating parents' productivity compared to the control group, data were filtered to maintain results only from professors, postdoctoral researchers, museum curators, and other researchers. We used the Poisson distribution (dependent variable) with the relaxed constraint through Conway-Maxwell Poisson (compois) (Lord *et al.*, 2008) applied in the GlmmTMB (Magnusson *et al.*, 2017) and Emmeans (Lenth, 2018) package in R software (R Development Core Team, 2019). With this data we could apply Type III tests of the fixed effects, which gave us a p-value to check for differences between the two groups.

## RESULTS

### GENERAL PROFILE

Our study had 161 participants, but as answering all questions was not mandatory, the total number of answered questions showed some fluctuation (45-161). We analyzed all participants without gender distinction. We had 159 participants including 49.7% (N = 79) women, 49.1% (N = 78) men, and 1.2% (N = 2) non-binary gender. The age range of the participants ranged from 23-72 years old (N = 157), and the vast majority were between 25-45 years old (N = 128). Our study had participants from 20 different countries from the Americas, Europe, Asia, and Oceania, with 43.9% (N = 69) residence in the USA, 28.7% (N = 45) Brazil, 5% Mexico (N = 7), followed by other countries in smaller numbers (N = 36, Germany, Colombia, Austria, France, England, Canada, Australia, Israel, Spain, Portugal, Pakistan, Finland, France, Switzerland, Japan, Argentina, and the Philippines).

The large majority of participants (66.2%) have a Doctorate with (N = 106), followed by 22.5% (N = 36) Masters, and 10.6% (N = 17) Bachelors, as the highest

academic degree, and 59.4% (N = 95) received their highest degree between 2013 and 2019. In addition, 30% of participants declared themselves professor, followed by 27.5% students, 18% postdoctoral, 13.1% research/scientist followed by other positions in smaller numbers. Finally, 47.2% (N = 76) of participants stated that they had children, while 52.8% (N = 85) did not (thus constituting our control group).

### UNDERSTANDING THE PARENTS WITHIN THE FIELD OF MYRMECOLOGY

Within the parent group, the vast majority reported parenting with partner help (85.1%), followed by family help (28.4%), and solo parenting (4.1%). Also, the career stage at which the first child was born varied, with graduate/undergraduate student (33.8%) being the most common, followed by postdoctoral researcher (28.4%), professor (18.9%), and research/scientist (10.8%), followed by others in smaller numbers. Regarding maternity and paternity leave, more than one third of participants (35.1%) stated they did not receive any such leave. Only 27% of participants received paid leave, while 29.7% received unpaid leave. Mothers in Brazil stated that they had on average 4 months of leave, while mothers in the USA on average stated 3-4 months. Mothers who had their child in Europe declared 7 months-1 year on leave. On average, fathers received 1-2 weeks of leave.

Overall, the supervisor and the institution provided support for myrmecologist parents, though 12.2% of participants report that they did not have this support (Figure 1A). Part of this majority positive response resulted from the institution providing flexible working hours for at least 66.7% of participants, which in the majority of cases is already a feature of a scientist's work schedule. These and other benefits/amenities offered to myrmecologist parents are listed in Figure 1B.

During workdays, the majority of myrmecologist parents are entrusting the care of their children to a childcare facility/school (58.9%), but they also rely on other arrangements such as care by a spouse/partner (49.3%), relatives (21.9%), and a nanny (19.2%). One of the more



interesting and important data points in our study was that when children are young, most parents described difficulties working at home (Figure 2A). When comparing researchers with kids (parents) to the control group, this

data is even more notable ( $T\text{-test} = 4.0863$ ,  $p\text{-value} = 0.002732$ ), because the researchers in the control group also believe the time devoted to work at home positively impacted their careers (Figure 2B).

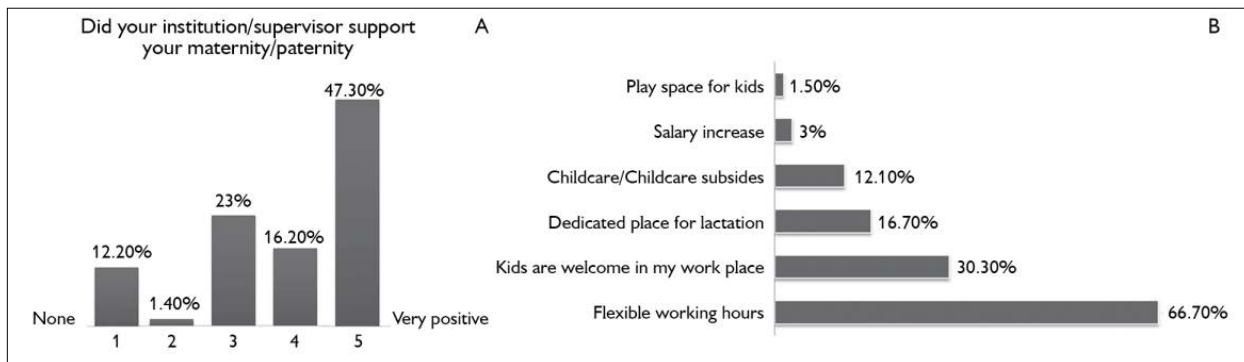


Figure 1. Institutional and supervisor maternity/paternity support offered to myrmecologists: A) participants' views on the support they received from supervisors and their institution; B) benefits and amenities offered by the institution to research parents.

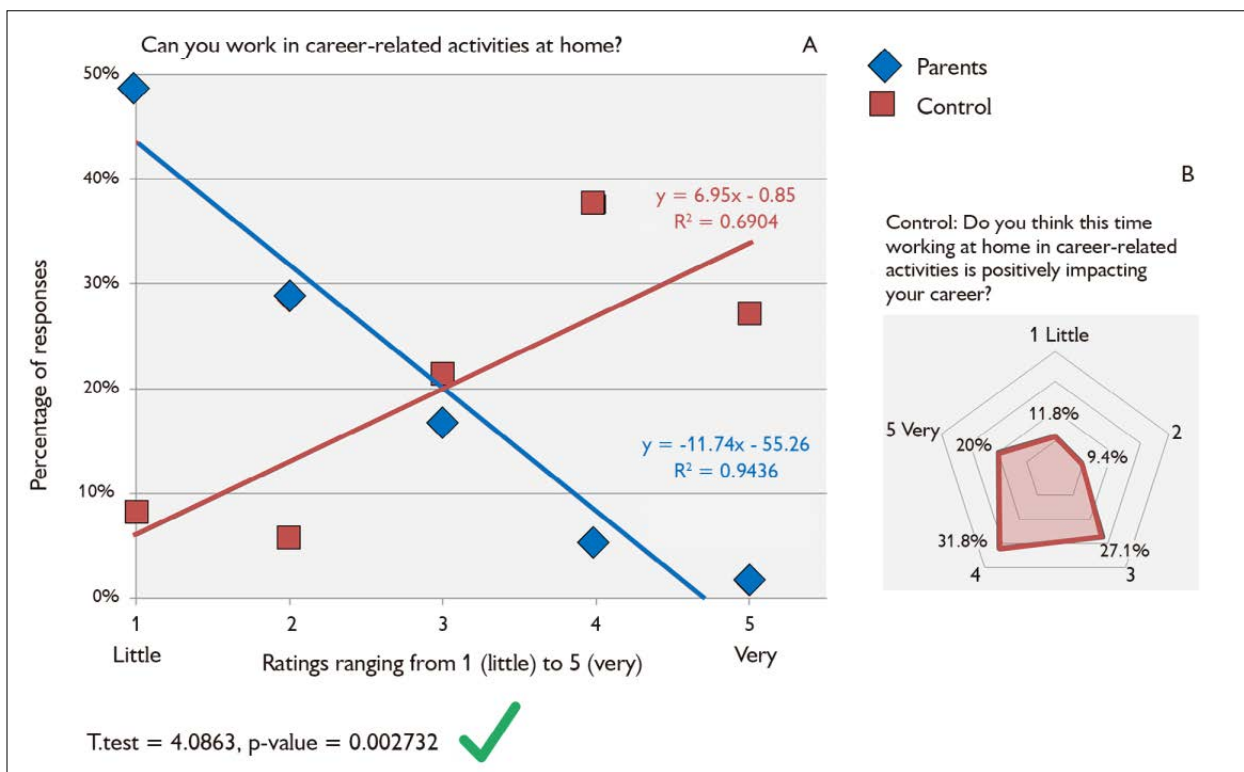


Figure 2. Work at home in career-related activities: A) averages and linear regression of self evaluation of how much the researcher can work at home in career-related activities separated by groups (parents in blue and control in dark red). Note that there is a difference between parent and control groups regarding work at home in career-related activities; B) the majority of the control group believes that this time working at home significantly impacts their career. Response averages are highlighted in dark red.

## ASSESSING PRODUCTIVITY IMPACT

A significant majority of parents participating in our research believe that their children's arrival impacted academic productivity (Figure 3A), and returning to the regular pattern of productivity before their children's arrival is extremely variable (Figure 3B). Our research also assessed the impact of parenting on the number of publications, grant proposals submitted, mentored students, classes taught, field trips, public speaking engagements, and conferences compared to researchers without children. However, we filtered results only by professors, museum curators, postdoctoral and other researchers because some of these categories are not part of the student routine for some graduate programs. Overall our results for publication (F value = 1.3285, p value = 0.2507), grant proposal submissions (F value = 0.7784,

p value = 0.5656), mentees (F value = 0.5806, p value = 0.7149), and classes taught (F value = 0.4114, p value = 0.8409) did not show statistical differences between parent and control groups, and by the fifth year of the child there is a recovery, with no further difference between the two groups (Figure 4). However, this is not the case for field work (F value = 3.2058, p value = 0.007426), public speaking engagements (F value = 2.657, p value = 0.0086), and conferences attended (F value = 5.8118, p value = 0.0178), where even after the child's fifth year (Figure 5), our results show significant differences between the two groups.

## DISCUSSION

This is the first study that focuses on identifying myrmecologist parents (women and men) and evaluating the impact of children on their careers. Through this approach, our study provides insight in order to reassess and develop ways to make our field a fairer and more inclusive environment. There are few studies that address the effect of male and female parents compared to those who do not have children, and this makes our study even more novel. However, as most of the previous studies only focus on the impact of motherhood, it makes our discussion enriched by these data. Most of the household chores and childcare are still considered the responsibilities of women, therefore, often have less time to dedicate to their careers (McGuire *et al.*, 2012; Williams & Ceci, 2012; Walker, 2018). The arrival of a child is a unique moment and requires many changes in routine (Alstveit *et al.*, 2011) which seem to be easier when shared by all family members. According to our data, most myrmecologist parents report that they share childcare with a partner, which is higher compared to most parents reported in the study by Machado *et al.* (2019) where about 54% of participants who were mother scientists were the sole childcare provider. In that study the authors also add that only 5% of fathers help occasionally. The division of tasks with the arrival of children is certainly one of the most impactful factors for keeping parents, and especially women, in science (Hensel, 1991; Rausch *et al.*, 1989; McGuire *et al.*, 2012; Williams & Ceci, 2012).

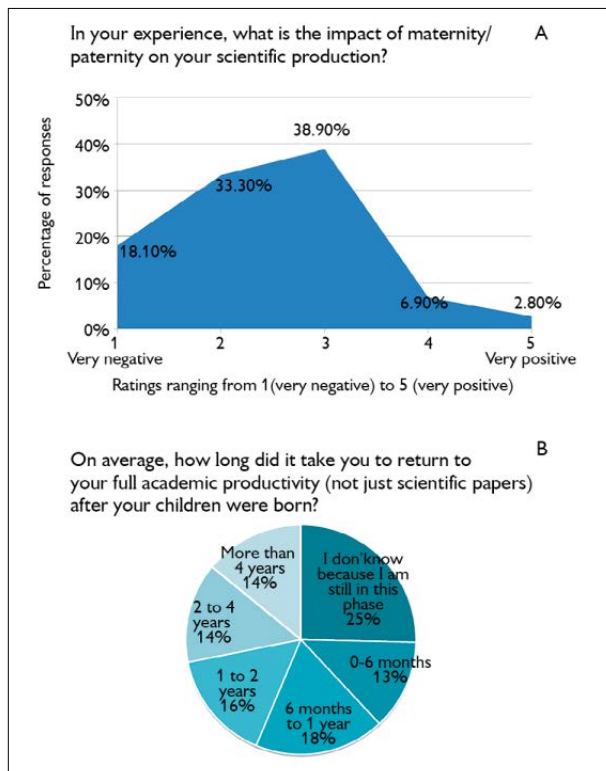


Figure 3. Assessing the impact of productivity upon arrival of children: A) most participants believe that the arrival of children impacted productivity. Note that most of the graph is concentrated between points 1-3; B) time to return to productivity achieved before the arrival of children is variable.



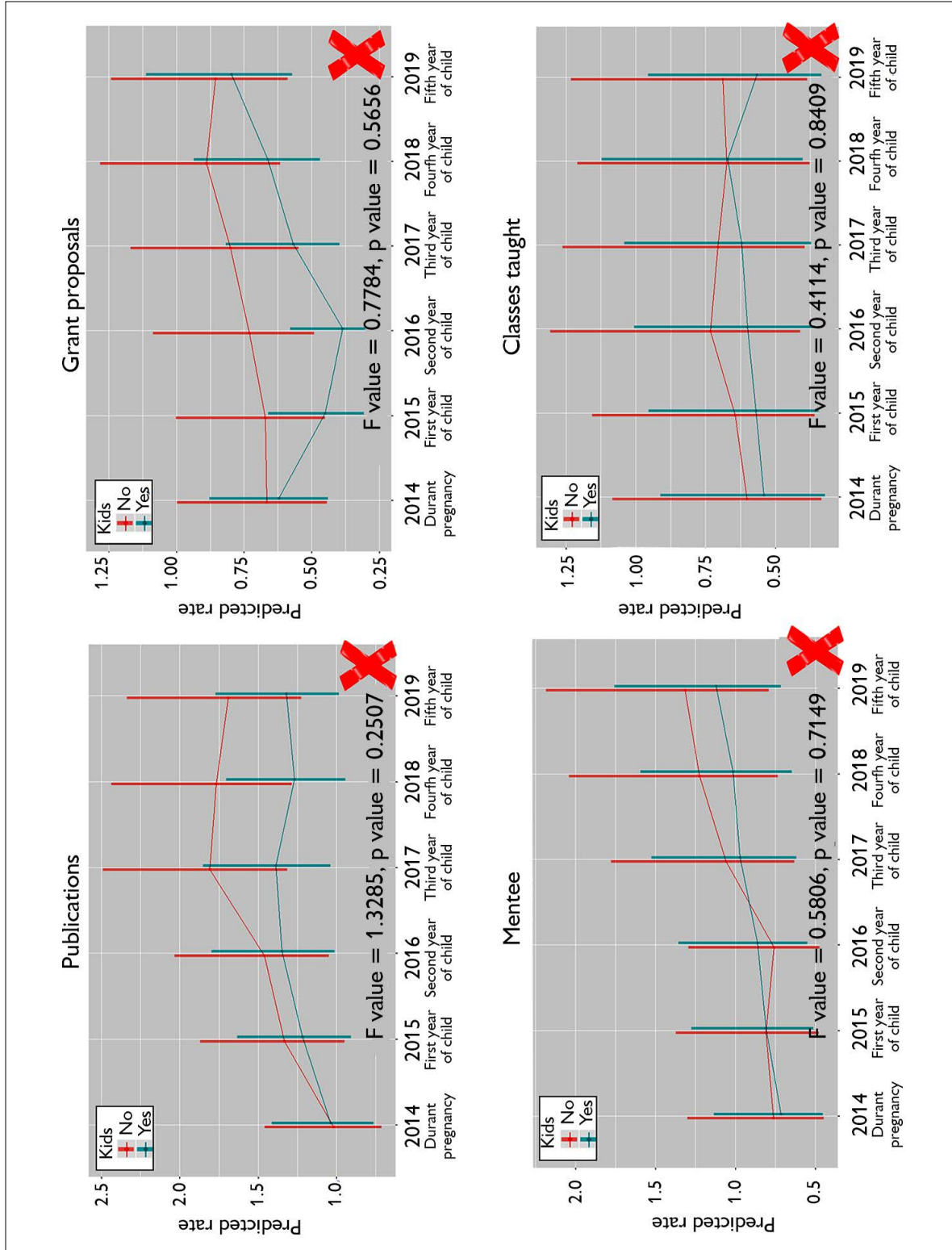


Figure 4. Impact of myrmecologists' academic productivity on number of publications, proposals, mentees, and classes taught for parents and the control group. Type III Analysis of Variance Table with Satterthwaite's method was used to recover statistical differences between the two groups.





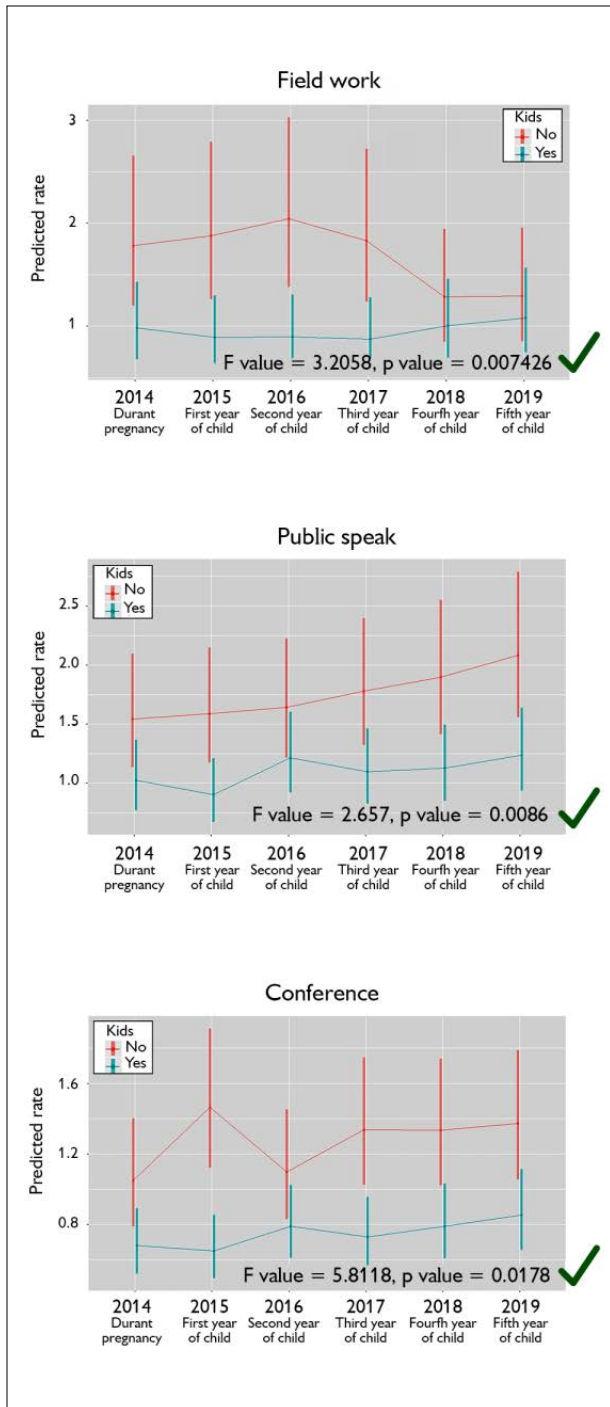


Figure 5. Impact of myrmecologists' academic productivity on number of field trips, public speaking engagements, and conferences for parents and the control group. Type III Analysis of Variance Table with Satterthwaite's method was used to recover statistical differences between the two groups.

Regarding maternity and paternity leave, myrmecologist parents follow the pattern governed by the laws of the country of residence, being in Brazil on average four months (paid), and USA at 12 weeks (unpaid), and Europe above six months (paid) (Mascarelli, 2014). Even so, some researchers report that they took no leave (paid or unpaid). In addition, feeling that one's institution/supervisor values and supports the personal choices of the employee is an important driver that ensures productivity and career success (Sax *et al.*, 2002). Institutional and supervisor support were highly rated by myrmecology parents, but one of the biggest benefits listed by parents was flexible hours that are already part of the nature of the job (Infanger & Lima, 2019). Despite this natural flexibility, the academic work environment is also competitive in its pursuit of financial success and productivity through often unfair metrics (for example, number of manuscripts published and received grants), which adds pressure to avoid taking parental leave (Bell, 2009).

Scientist parents in Brazil believe that the arrival of their children had a negative impact on their career (Machado *et al.*, 2019), and our data also corroborate this finding. However, productivity recovery is a more complex matter, and it depends on several variables, so it is natural that myrmecologist parents have different opinions regarding recovery time. Machado *et al.* (2019) show that productivity increases again from the third year of parenthood, and indeed, the first two years of parenthood can be even more challenging (Alstveit *et al.*, 2011). The productivity parameters analyzed in the present study (publications, proposals, menteeships, classes taught) did not show significant difference between the two groups (parents and control), especially after five years of the arrival of the children, which includes the recovery time and adaptation to the new routine with the arrival of the child (Alstveit *et al.*, 2011). This result corroborates Sax *et al.* (2002), which showed that family issues, such as the arrival of children, affect productivity less than other professional variables such as job recognition and salary.

Brazilian scientists report difficulties in working at home for academic-related work (Machado *et al.*, 2019) and the present study also shows that myrmecologist parents face the same challenges. However, our data also show that this did not affect productivity, especially after five years, which warrants an explanation. In fact, Hamovitch & Morgenstern (1977) and Cole & Zuckerman (1987) suggest that children do not interfere with women's research productivity because there is a limitation of free time (leisure) and practically an exclusive dedication to family and career. This may be one of the explanations for why myrmecologist parents do not face a decrease in productivity.

Despite this excellent performance, these results reveal a pattern that indicates that activities that involve leaving the regular routine such as field work, public speaking engagements, and attending conferences affect parents even after five years of parenthood. Parents still need to look for alternatives to these events (e.g. who picks up their child at school when the father is at a conference?), an endeavor which may not be successful and end up contributing to the leaky pipeline. Notwithstanding, we recognize that these data do not capture the impact of these academic categories on the arrival of more children, and although our study was widely publicized on social networks and attempted to reach as many people as possible, our results were unable to capture those who have already abandoned their scientific careers due to the imbalance between their personal and professional lives.

Participating in conferences and making contact with students and other researchers is part of a typical career in science, so this result suggests that actions are needed to ensure that myrmecologist parents do not fail to attend those events that may be critical to their career success. Although not yet a reality in all events, providing help and support for parents to bring their children to the conference is increasingly common. Each event has its own way of including parent scientists – for example, the Evolution Meeting (USA) often creates a childcare and nursing space

with professionals who can take care of the children so parents can attend the lectures (Evolution 2020, n. d.). As another example, since 2014 the annual meeting of the Entomological Society of America (EntSoc) has offered a small grant to parents who will bring their children to the event or who incur extra expenses in leaving their children at home (e.g. extra daycare or babysitting services). The Parent in Science group started these discussions in Brazil and this issue has been gaining more attention in recent years (2018-2019), with events seeking to find alternatives to include parents (and children) even in times of generalized national and local budget cutting. Therefore, through the data presented in this study, the next step and challenge for the myrmecological community is to create measures that make conferences (such as meetings, events etc.) family-friendly activities or propose that event institutions and organizations provide some form of financial assistance so that parents can afford to pay someone to care for their children while they attend conferences.

Our study sought to be inclusive for parents of all genders, nationality, and whether or not they have biological children. The arrival of children and the challenges for parents to maintain a balance between personal and professional life is not a matter of pity, but of inclusion, especially for women in science. Our data show that parents of myrmecology are focused and dedicated to maintaining productivity on publications, grant proposals, mentees, and classes taught, (routine matters activities). However, we are not able to determine from our data why and how this is achieved. It is possible that the problem-solving, time-management, and budgeting skills that are routine parenting tasks can give scientists excellent transferrable skills as well, so thinking about measures to ensure that parents do not abandon or pause careers is critical. In addition, although looking for differences between male and female parents is not part of the scope of this study, additional studies are needed to assess the impact of different gender on parenting not only in myrmecology, but throughout the entire entomological community.



## ACKNOWLEDGMENTS

We thank Livia P. Prado of *Museu Paraense Emílio Goeldi* (MPEG) for the invitation to write this paper; Fernanda Staniscuaski from Parents in Science for inspiration and support, and all the myrmecologists who participated in the survey. We thank Benjamin D. Blanchard, editor of *The Daily Ant*, and also Patrick Krapf, Alice Lacity and all the team members of *Myrmecological News* who helped spread our survey. We also thank the Cornell IRB Team for legal support and Stephen Parry at the Cornell Statistical Consulting Unit for his help with the statistical methods used in the paper. MOR thanks Odair Correa Bueno and Corrie S. Moreau for all the support in academic and personal life. MOR and PD thank Nicole Ramalho Sanchez and Flora Decio Horst for daily inspiration, and Marcelo Simões Sanchez and Roberto Horst for unconditional support. MOR also thanks U.S. National Science Foundation (NSF DEB 1900357) for financial support. EZA acknowledges the support of National Science Foundation DEB1654829, also thanks Christian Rabeling of Arizona State University and Ted Schultz of Smithsonian Institution for their support of women in science. We also thank Benjamin D. Blanchard and Peter J. Flynn for their assistance with English editing of this manuscript.

## REFERENCES

- ADAMO, S. A., 2013. Attrition of women in the biological sciences: workload, motherhood, and other explanations revisited. **BioScience** 63(1): 43-48. DOI: <https://doi.org/10.1525/bio.2013.63.1.9>.
- ALSTVEIT, M., E. SEVERINSSON & B. KARLSEN, 2011. Readjusting one's life in the tension inherent in work and motherhood. **Journal of Advanced Nursing** 67(10): 2151-2160. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2011.05660.x>.
- BELL, S., 2009. **Women in science: maximising productivity, diversity and innovation**. Federation of Australian Scientific & Technological Societies (FASTS), Canberra.
- BELTRAME, G. R. & T. M. S. DONELLI, 2012. Maternidade e carreira: desafios frente à conciliação de papéis. **Aletheia** (38-39): 206-217.
- BLICKENSTAFF, J. C., 2005. Women and science careers: leaky pipeline or gender filter? **Gender and Education** 17(4): 369-386. DOI: <https://doi.org/10.1080/09540250500145072>.
- CECH, E. A. & M. BLAIR-LOY, 2019. The changing career trajectories of new parents in STEM. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** 116(10): 4182-4187. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1810862116>.
- CECI, S. J. & W. M. WILLIAMS, 2011. Understanding current causes of women's underrepresentation in science. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** 108(8): 3157-3162. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1014871108>.
- COLE, J. R. & H. ZUCKERMAN, 1987. Marriage, motherhood and research performance in science. **Scientific American** 256: 119-125.
- ECKLUND, E. H. & A. E. LINCOLN, 2011. Science want more childre. **PLoS ONE** 6(8): e22590. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022590>.
- EVOLUTION 2020, n. d. Available at: <https://www.evolutionmeetings.org/childcare--nursing.html>. Accessed on: December 30, 2019.
- GARTKE, K. & J. DOLLIN, 2010. **FMWC Report to the house of commons standing committee on the status of women (women in non-traditional careers)**. Available at: [www.fmwcc.ca/docs/FMWC\\_Report\\_to\\_the\\_House\\_of\\_Commons\\_Standing\\_Committee\\_on\\_the\\_Status\\_of\\_Women\\_final.pdf](http://www.fmwcc.ca/docs/FMWC_Report_to_the_House_of_Commons_Standing_Committee_on_the_Status_of_Women_final.pdf). Accessed on: December 30, 2019.
- GINTHER, D. K. & S. KAHN, 2009. Does science promote women? In: R. B. FREEMAN & D. L. GOROFF (Ed.): **Science and engineering careers in the United States: an analysis of markets and employment**: 163-194. University of Chicago Press, Chicago. Available at: <http://www.nber.org/books/free09-1>. Accessed on: December 30, 2019.
- GOULDEN, M., M. A. MASON & K. FRASCH, 2011. Keeping women in the science pipeline. **The Annals of the American Academy of Political and Social Science** 638(1): 141-162. DOI: <https://doi.org/10.1177/0002716211416925>.
- HAMOVITCH, W. & R. D. MORGENSTERN, 1977. Children and the productivity of academic women. **The Journal of Higher Education** 48(6): 633-645. DOI: <https://doi.org/10.1080/0022154.6.1977.11776582>.
- HENSEL, N., 1991. **Realizing gender equality in higher education: the need to integrate work/family issues**. The George Washington University, Graduate School of Education and Human Development (ASHE-ERIC Higher Education Report, 2), Washington.
- INFANGER, C. & L. M. LIMA, 2019. Maternity leave benefit for researchers: a case study of FAPESP's maternity leave policy. **International Journal of Gender, Science and Technology** 11(1): 134-145.
- LENTH, R., 2018. **Emmeans**: estimated marginal means, aka least-squares means. R package. Available at: <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>. Accessed on: December 30, 2019.



- LEVENTON, J., K. ROELICH & L. MIDDLEMISS, 2019. An academic mother's wish list: 12 things universities need. **Nature: International Journal of Science**. Available at: <https://www.nature.com/articles/d41586-019-00019-x>. Accessed on: December 30, 2019.
- LORD, D., S. D. GUIKEMA & S. R. GEEDIPALL, 2008. Application of the Conway–Maxwell–Poisson generalized linear model for analyzing motor vehicle crashes. **Accident Analysis & Prevention** 40(3): 1123-1134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2007.12.003>.
- MACHADO, L. S., L. K. ROSA, E. SILVA, F. K. RICACHENEVSKY, M. PERLIN, I. V. D. SCHWARTZ, A. T. NEIS, R. C. SOLETTI, A. SEIXAS & F. STANISCUASKI, 2019. Parent in science: the impact of parenthood on the scientific career in Brazil. **Annals of International Workshop on Gender Equality in Software Engineering 2**: 37-40. DOI: <http://doi.org/10.1109/GE.2019.00017>.
- MAGNUSSON, A., H. SKAUG, A. NIELSEN, C. BERG, K. KRISTENSEN, M. MAECHLER, K. VAN BENTHAM, B. BOLKER, N. SADAT, D. LÜDECKE, R. LENTH, J. O'BRIEN & M. BROOKS, 2017. **Package 'glmmTMB'**: R Package Version 0.2. 0. Available at: <https://cran.r-project.org/web/packages/glmmTMB/glmmTMB.pdf>. Accessed on: December 30, 2019.
- MASCARELLI, A., 2014. Maternity muddle. **Nature Jobs** 509: 389-391.
- MCGUIRE, L., R. PRIMACK & E. LOSOS, 2012. Dramatic improvements and persistent challenges for women ecologists. **BioScience** 62(2): 189-196. DOI: <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.2.12>.
- MOBILOS, S., M. CHAN & J. B. BROWN, 2008. Women in medicine: the challenge of finding balance. **Canadian Family Physician** 54(9): 1285-1286.
- PARENT IN SCIENCE, 2019. Available at: <https://www.parentinscience.com/sobre-o-parent-in-science>. Accessed on: December 30, 2019.
- PARSONS, W. L., P. S. DUKE, P. SNOW & A. EDWARDS, 2009. Physicians as parents: parenting experiences of physicians in Newfoundland and Labrador. **Canadian Family Physician** 55(8): 808-809.
- PRESTON, A. E., 2004. **Leaving science**: occupational exit from scientific careers: 1-224. Russel Science Foundation, New York.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019. **R**: a language and environment for statistical computing. Available at: <http://www.R-project.org/>. Accessed on: December 30, 2019.
- RAUSCH, D. K., B. P. ORTIZ, R. A. DOUTHITT & L. L. REED, 1989. The academic revolving door: why do women get caught? **CUPA Journal** 40(1): 1-16.
- REECE, R. & M. HARDY, 2017. Moving beyond metrics: a primer for hiring and promoting a diverse workforce in entomology and other natural sciences. **Annals of the Entomological Society of America** 110(5): 484-591. DOI: <https://doi.org/10.1093/aesa/sax059>.
- SAX, L. J., L. S. HAGEDORN, M. ARREDONDO & F. A. DICRISI, 2002. Faculty research productivity: Exploring the role of gender and family-related factors. **Research in Higher Education** 43(4): 423-446. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1015575616285>.
- SHEN, Y. A., J. M. WEBSTER, Y. SHODA & I. FINE, 2018. Persistent underrepresentation of women's science in high profile journals. **BioRxiv** 275362. DOI: <https://doi.org/10.1101/275362>.
- SILVA, F. & R. C. RIBEIRO, 2014. Trajetórias de mulheres na ciência: "ser cientista" e "ser mulher". **Ciência & Educação** 20(2): 449-466. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1516-73132014000200012>.
- SWANN, N., 2019. Scientist and parent: are we there yet? **eLife** 8: e49202. DOI: <https://doi.org/10.7554/eLife.49202>.
- WALKER, K. A., 2018. Gender gap in professional entomology: women are underrepresented in academia and the U.S. Government. **Annals of the Entomological Society of America** 111(6): 355-362. DOI: <https://doi.org/10.1093/aesa/say030>.
- WILLIAMS, W. & S. CECI, 2012. When scientists choose motherhood. **American Scientist** 100(2): 138-145. DOI: <https://doi.org/10.1511/2012.95.138>.
- YSSELDYK, R., K. H. GREENAWAY, E. HASSINGER, S. ZURUTRAEN, J. LINTZ, M. P. BATHIA, M. FRYE, E. STARKENBURG & V. TAI, 2019. A leak in the academic pipeline: identity and health among postdoctoral women. **Frontiers in Psychology** 10: 1297. DOI: <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01297>.



## Formigas como recurso alimentar e medicinal Ants as a food and medicinal resource

Rogério Silvestre<sup>1</sup>  | Paulo Sauda Neto<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil

**Resumo:** Este texto traz uma revisão dos artigos que descrevem a importância das formigas para humanos no provisão alimentar e no tratamento de doenças, aspectos que vão além do suporte aos serviços ambientais que estes animais realizam. Reunimos e atualizamos as informações a respeito do uso das formigas como recurso alimentar e medicinal por comunidades nativas indígenas e rurais no Brasil, na América Latina e em outros continentes. Os resultados compilados do presente estudo demonstram que a mirmecofagia é ainda amplamente empregada em vários locais do mundo, sendo uma fonte nutricional importante. Ao todo, foram registradas 52 espécies de formigas utilizadas como alimento. Quanto ao uso medicinal, foram registradas, até o presente momento, 19 espécies de formigas. Além das propriedades antifúngicas e antibacterianas dos hormônios produzidos pelas glândulas mandibular e metapleurais, existem os hidrocarbonetos cuticulares, bem como as secreções da glândula de veneno e das glândulas associadas ao aparelho de ferrão que produzem substâncias químicas com aplicações em problemas estomacais, respiratórios, circulatórios e também nas hemorragias, artrites e dores em geral. Assim, abordamos dois aspectos da interação formigas/humanos e destacamos o histórico do seu uso no Brasil.

**Palavras-chave:** Entomoterapia. Etnoentomologia. Insetos comestíveis. Medicina alternativa. Mirmecofagia.

**Abstract:** This text provides a review of the literature describing the importance of ants to humans in food supply and disease treatments, aspects that go beyond the support of environmental services that these animals perform. We have collected and updated information on the use of ants as food and as medicinal resource by indigenous and rural native communities in Brazil, in Latin America and in other continents. The compiled results of the present study demonstrate that myrmecophagy is still widespread, and it is an important nutritional source. In total, 52 species of ants were found to be used as food. Regarding medicinal purpose, 19 species of ants were accounted until now. In addition to the antifungal and antibacterial properties of hormones produced by the mandibular and metapleural glands, there are cuticular hydrocarbons and secretions of the venom gland, plus glands associated with the sting apparatus. They produce chemicals with applications in stomach, respiratory, and circulatory problems, and also in bleeding, arthritis and pain in general. Thus, we address two aspects of ants / humans interaction and highlight their historical use in Brazil.

**Keywords:** Entomotherapy. Ethnoentomology. Edible insects. Folk medicine. Myrmecophagy.

---

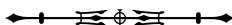
SILVESTRE, R. & P. SAUDA NETO, 2020. Formigas como recurso alimentar e medicinal. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(1): 39-53. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.238>.

Autor para correspondência: Rogério Silvestre. Universidade Federal da Grande Dourados. Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade. Laboratório de Ecologia de Hymenoptera. Rodovia Dourados Itahum, km 12 – Cidade Universitária. Dourados, MS, Brasil. CEP 79804-970 ([rogeriosilvestre@ufgd.edu.br](mailto:rogeriosilvestre@ufgd.edu.br)).

Recebido em 18/12/2019

Aprovado em 03/02/2020

Responsabilidade editorial: Rony Peterson Santos Almeida



## INTRODUÇÃO

Até o presente momento, são conhecidas mais de 2.111 espécies de insetos utilizados como recurso alimentar pelos seres humanos (Jongema, 2017), o que representa uma porcentagem ínfima acerca da diversidade estimada globalmente (Hamilton *et al.*, 2010). Isso demonstra o vasto universo, que ainda precisa ser investigado, referente às propriedades e às aplicações desses insetos nos campos da saúde e da alimentação. A sua utilização como alimento é amplamente difundida pelo mundo, com enorme representatividade nos continentes americano, africano e asiático (Ramos-Elorduy *et al.*, 1998; Costa-Neto, 2003; Nonaka, 2010; Sribandit *et al.*, 2009; Kelemu *et al.*, 2015; Hamerman, 2016), sendo também antiga entre as populações indígenas da Austrália (Wilkinson *et al.*, 2018).

A utilização de insetos como fonte de recursos para tratamento médico e da saúde é chamada de entomoterapia e entomoprofilaxia (Costa-Neto, 2002, 2005; Paoletti, 2005). Chama-se entomofagia o hábito de alimentar-se de insetos (Schabel, 2010; Gahukar, 2011) e de mirmecofagia o de alimentar-se de formigas (Meyer-Rochow, 2010).

A abundância e a biomassa das formigas nas regiões tropicais, somadas à sua potencialidade bioquímica, como a reconhecida resposta imunológica a patógenos, as colocam como ótimas fontes de alimento e de recursos medicinais para muitas culturas nativas nos mais diversos países (Dossey, 2010; Ratcliffe *et al.*, 2011; Shockley & Dossey, 2013).

Rastogi (2011) classifica os serviços ambientais promovidos pelas formigas em quatro tipos, abrangendo os seguintes setores: 1 - cultural (uso artístico, religioso e educacional); 2 - regulação de serviços ambientais (supressão populacional de herbívoros, dispersão de sementes, polinização etc.); 3 - suporte aos serviços ambientais (mineralização, adubação, aeração do solo etc.); 4 - provisionamento (alimentação de humanos e animais e uso medicinal).

Na Etnoentomologia, a complexa interação com as formigas e outros insetos sempre foi muito comum desde os primórdios da civilização humana (Alves, R. *et al.*, 2012). Essa relação ocorre, em primeira instância, devido aos prejuízos que as formigas podem causar na agricultura, e, sob um olhar mais urbano, elas apresentam risco à saúde pública, causando alergias e sendo vetores de doenças; outras espécies invadem hospitais e põem em risco a esterilidade do material (Lima *et al.*, 2013; Castro *et al.*, 2015). Em contrapartida, esses insetos possuem importante papel ecológico e são utilizados em algumas culturas como alimento e fonte de recursos na medicina popular. O potencial alimentar e terapêutico das formigas representa uma contribuição importante no debate sobre conservação ambiental e biodiversidade, assim como abre perspectivas para a valorização econômica e cultural desses animais. Esse é o tema que será abordado neste artigo, sendo destacadas as formigas como organismos extremamente úteis à existência humana.

A presente revisão tem por objetivo catalogar as espécies nominais de formigas utilizadas no mundo inteiro como alimento, atualizando os dados compilados referentes ao uso desses insetos pela população humana, delimitando sua ocorrência geográfica. A pesquisa foi baseada nas seguintes perguntas: Quais espécies de formigas são utilizadas para fins alimentares e medicinais por populações humanas no mundo? Em quais países e para qual finalidade específica essas formigas são utilizadas?

Destaque-se que não foram considerados os táxons aos quais não são atribuídos nomes específicos e/ou morfoespeciados.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para a obtenção de dados, foram avaliadas as referências que reportavam a utilização de formigas por humanos, seja na alimentação, seja seu uso como um tipo de recurso na medicina tradicional. As informações foram coletadas a partir de análises publicadas em artigos, livros e capítulos de livros, disponíveis em bases de



dados internacionais *on-line*, tais como *ScienceDirect*, Portal de Periódicos CAPES, *SpringerLink*, *Google Scholar*, SCOPUS, *Web of Science*, bem como em *sites* de revistas científicas. A pesquisa realizada nas bases de dados contemplou as seguintes palavras-chave: *ants + food + entomophagy*; *entomotherapy + ants*; *tradicional medicine + ants*; *edible insects*; *folk medicine + ants*. Somente os indivíduos encontrados com a descrição de espécies foram considerados no trabalho, sendo excluídos registros que apresentavam apenas os nomes populares. A taxonomia das espécies foi padronizada segundo o catálogo e a bibliografia *online* de taxonomia das formigas disponível em Bolton (2019).

Em seguida, foi feito um levantamento na literatura quanto ao uso de formigas como alimento e como tratamento de doenças no Brasil, incluindo um pequeno histórico dos relatos de naturalistas e escritores do passado, bem como informações sobre experiências com populações indígenas.

## RESULTADOS

Com relação às formigas utilizadas como alimento pelos humanos, foram encontradas 52 espécies, distribuídas em cinco subfamílias (Apêndice 1); já em relação às que são utilizadas como recurso na medicina alternativa, foram registradas 19 espécies, distribuídas em cinco subfamílias (Apêndice 2). Desse total, nove espécies foram utilizadas para ambos os recursos: *Atta cephalotes*, *Atta sexdens*, *Myrmecocystus melliger*, *Myrmecocystus mexicanus*, *Oecophylla longinoda*, *Oecophylla smaragdina*, *Pogonomyrmex californicus*, *Polyrhachis dives* e *Polyrhachis lamellidens*. Das subfamílias observadas que são utilizadas em ambas as situações, Formicinae teve a maior representatividade (28 spp.), seguida de Myrmicinae (25 spp.).

Na Figura 1 foram compilados por meio da literatura todos os registros por fase de desenvolvimento das espécies de formigas consumidas como alimento humano. O maior consumo por estágio de desenvolvimento é dos adultos, mas

as formas de pupa e larvas também são bastante consumidas no Oriente, sendo que na Tailândia, por exemplo, são preparados diversos pratos com ovos de formigas.

A espécie mais mencionada, tanto com relação à utilização de formigas como alimento ou para fins medicinais, foi *Oecophylla smaragdina*, com citações de uso em três continentes (africano, asiático e australiano). Como recurso alimentar, *Carebara vidua* e *Carebara lignata* tiveram uso amplamente difundido no continente africano, enquanto que *Atta cephalotes* foi a espécie com maior destaque na América Latina (Apêndice 1). *Polyrhachis dives* apresenta grande variedade de aplicações na medicina chinesa, sendo empregada como recurso para possível tratamento de uma grande gama de doenças (Apêndice 2).

No total, foram registrados 28 países que fazem uso das formigas como recurso alimentar para humanos. Na região Neártica, não houve atribuição de nomes aos países, pois os dados na literatura não possibilitaram tal análise; contudo, a maior parte dos dados provavelmente

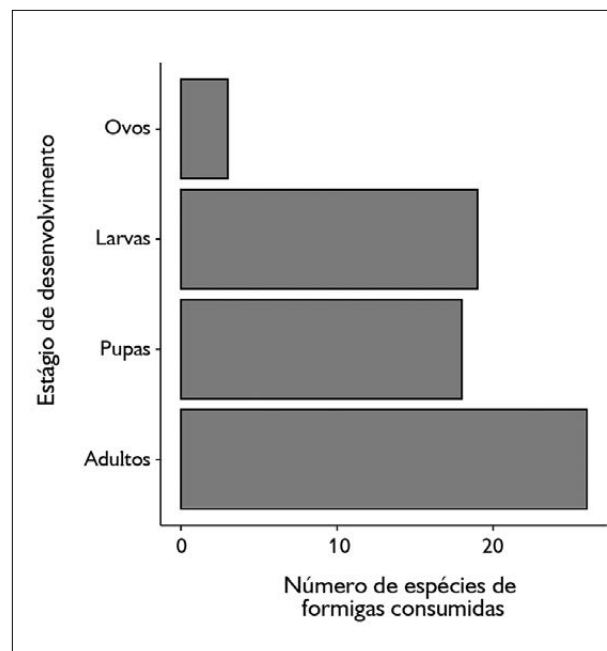


Figura 1. Número de espécies de formigas consumidas como alimento humano no mundo de acordo com o estágio de desenvolvimento.

deva ser oriunda dos EUA. A China é o país que utiliza a maior variedade de espécies de formigas como alimento (16 espécies), sendo também culturalmente um local que consome grande variedade de invertebrados na alimentação; em seguida, mencione-se o México, com dez espécies consumidas, e a Austrália, com sete (Figura 2).

As formigas entomoterápicas foram registradas em 11 países (Apêndice 2). O Brasil apresenta o maior número de espécies de formigas quanto à utilização na entomoterapia (8), seguido de China e México (duas espécies em cada). *Oecophylla smaragdina* é a que apresenta o maior número de uso como tratamento para doenças. A Figura 3 mostra quais são as doenças em que o tratamento com formigas é mais comumente utilizado, de acordo com a ordem de importância.

Para esta finalidade, esses insetos são utilizados de várias formas: colocados em óleo ou em mel; na forma de chá ou extrato alcoólico; esmagadas ou inteiras; uso do veneno por meio da picada; uso de suas secreções das glândulas mandibulares por meio da mordida etc.

O principal uso de formigas na Ásia Central foi registrado para a cura da artrite; na Rússia, garrafas de



Figura 2. Países que mais utilizam formigas na alimentação.

leite eram cheias meio a meio com formigas e vodka para serem ingeridas em doses homeopáticas nas manhãs de frio (Lockhart, 2007).

### HISTÓRICO DO USO NO BRASIL

Comendo içá, comendo cambuqueira  
 Vive a afamada gente paulistana  
 E as tais que chamam caipira,  
 que não parecem ser da raça humana...  
 (Francisco José Pinheiro Guimarães, Pátio do Colégio, composta por volta de 1830, texto publicado na Revista da Academia de São Paulo, de 1859 *apud* Aguiar, 2016).

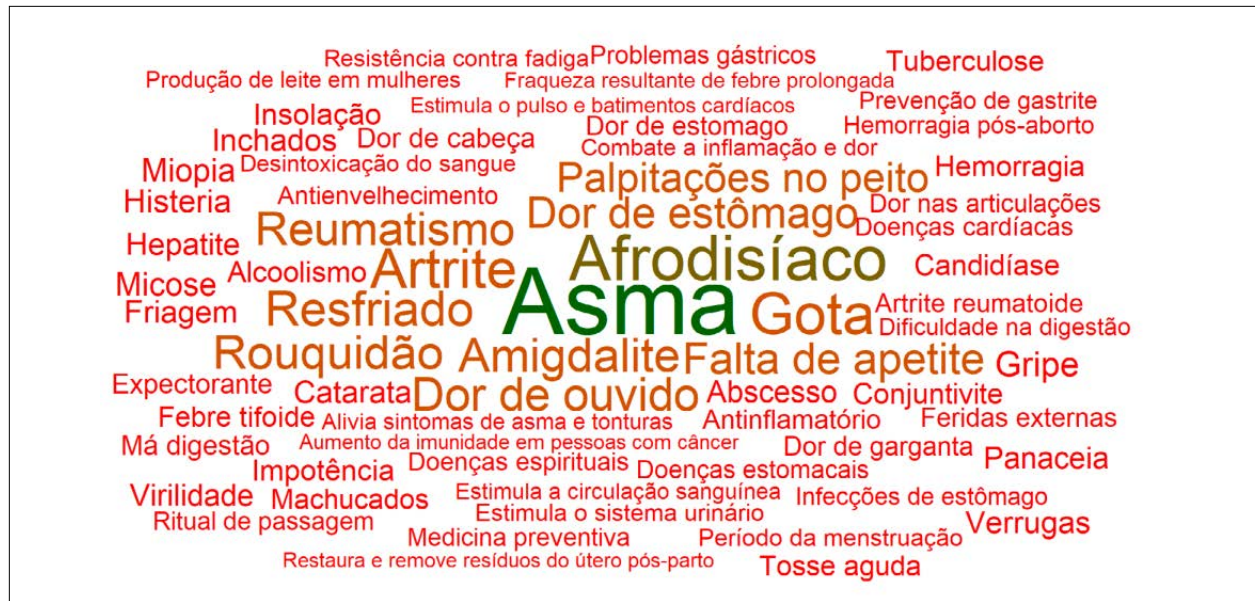


Figura 3. Doenças tratadas no mundo utilizando-se espécies de formigas.



O hábito alimentar indígena já havia sido documentado pelo padre José de Anchieta na época da fundação da vila de São Paulo de Piratininga, em suas “Cartas Jesuíticas”, mencionadas no artigo “Içá, um petisco tradicional”, publicado pelo folclorista Karol Lenko no jornal A Gazeta, em 22 de outubro de 1960 (*apud* Aguiar, 2016). Este hábito, de comer a saúva torrada ou defumada com farinha, é amplamente difundido pelas várias etnias indígenas sul-americanas e, em meados do século XIX, aparece nos relatos dos naturalistas Humboldt, Wallace e Bates, quando da passagem destes pelos rios Amazonas e Negro (*apud* De Foliart, 2002).

Câmara Cascudo (2016 [1963]) relata que os índios do Maranhão entoavam cantigas especiais para a caçada da tanajura. Esta iguaria foi chamada de “Caviar dos caipiras” pelo escritor Monteiro Lobato, morador do Vale da Ribeira, em São Paulo. Ainda hoje, este prato faz sucesso no Vale (Figura 4), sendo servido em restaurantes famosos pelo país (Figura 5).

As propriedades terapêuticas, estimulantes e até mesmo afrodisíacas das içás também foram citadas por Câmara Cascudo em um ensaio divulgado na revista Crítica de 1966, intitulado “Comendo formigas” (*apud* Aguiar, 2016).

Alvarez (2005) relata o ritual de passagem dos índios Sateré-Mawé da Amazônia – cuja denominação nativa é *kusu kusuhyh* – para atingir a maturidade sexual e realizar curas espirituais, efetuado com o veneno das formigas tocandira (*Paraponera clavata*). Nesse evento, as formigas são colocadas em um recipiente com água, caules e folhas trituradas do caju. Essa mistura adormece os insetos durante aproximadamente trinta minutos, tempo em que são colocadas na luva onde os jovens devem dispor a mão para serem ferroados. Este mesmo autor relata que os Parintintim aplicavam a ferroada da tocandira para aumentar o tamanho do pênis e dar virilidade.

## DISCUSSÃO

É conhecido que alguns primatas fazem uso de formigas como recurso alimentar, sendo, na maioria das vezes,



Figura 4. Saúvas preparadas no fogão à lenha, com alho e bacon, no interior de São Paulo. Fonte: Letícia Moreira/FolhaPress (*in* Folha de São Paulo, 2012).



Figura 5. Farofa de tanajura servida em restaurantes famosos no Brasil. Foto: Tadeu Brunelli (*in* Alves, G., 2018).

uma suplementação em sua alimentação, já que a dieta de primatas, em geral, é pobre em proteínas (Edgar, 2007). Chipanzés – *Pan troglodytes* (Blumenbach, 1776) – foram observados se alimentando de formigas das espécies *Oecophylla longinoda* (Latreille, 1802), *Dorylus nigricans burmeisteri* (Shuckard, 1840), *Megaponera analis* (Latreille, 1802), nas savanas do Senegal (Bogart & Pruetz, 2011), e de *Dorylus nigricans molestus* (Gerstäcker, 1859), em Uganda (Hashimoto *et al.*, 2000). No Gabão, também foram registrados gorilas *Gorilla gorilla* (Savage, 1847) se

alimentando de *Oecophylla longinoda* (Tutin & Fernandez, 1992). Observando os estudos sobre mirmecofagia em primatas, é possível sugerir que as formigas palatáveis representariam uma possibilidade alimentar a ser explorada também pelos seres humanos.

Billen (2009) relata que Formicidae possui mais de 75 glândulas exócrinas distintas, a maioria das quais é ativa na produção de feromônios. Além disso, as formigas produzem hidrocarbonetos na cutícula e no arólio para marcação de trilhas, e atuam na comunicação química e na coesão da colônia (Bagnères & Morgan, 1991). Foi realizado um estudo na Austrália com a formiga *Myrmecia gulosa*, da qual foi retirado um extrato da glândula metapleurale. A fração ativa continha ácido fenilacético, altamente tóxico para fungos (Lockhart, 2007). Mendonça *et al.* (2009) realizaram um experimento com os vários compostos químicos produzidos pelas glândulas mandibular e metapleurale de saúvas, concluindo que a maioria dos compostos testados tem forte atividade antibacteriana e antifúngica, entre eles: citral, geraniol e os ácidos 4-metil-3-heptanol, hexanoico e octanoico. Os resultados sugerem que esses compostos podem ser de potencial valor como antibióticos no tratamento de candidíase humana, mais do que os antibióticos convencionais.

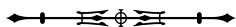
Muitas vezes, a concepção das pessoas sobre as formigas atrapalha a aceitação desses insetos e mascara os benefícios que eles podem trazer na alimentação e como recurso na medicina tradicional. As informações compiladas no presente estudo evidenciam a grande interação que o ser humano possui com as formigas em todo o mundo. A utilização das formigas como recurso terapêutico em muitos países demonstra o potencial farmacológico que algumas espécies apresentam e que pode ser explorado em pesquisas futuras. Tang *et al.* (2015) fizeram experimentos em ratos utilizando a formiga *Polyrhachis dives* e encontraram substâncias com características anti-inflamatórias, imunossupressoras e renoprotetoras.

De igual forma, a utilização desses insetos como alimento pode ser bem explorada devido ao grande valor

nutricional que possuem. Estudando a composição de lipídios e de ácidos graxos em formigas secas das espécies *Polyrhachis dives* e *Oecophylla smaragdina*, Oranut *et al.* (2010) chegaram à conclusão de que ambas as formigas seriam uma boa fonte de alimento para populações de baixa renda da Tailândia, por apresentarem baixo custo e uma ótima fonte de ácidos graxos essenciais.

Geograficamente, a mirmecofagia foi registrada principalmente na América Latina, na África e na Ásia, com atenção especial para o México, que apresentou um elevado número de espécies de formigas consumidas (Apêndice 1). A entomofagia, em geral, está ligada muito com os traços culturais de uma região, principalmente com hábitos tribais e indígenas. Em regiões em que populações indígenas nativas permanecem até hoje, é muito comum observar o hábito de se alimentar de insetos e de utilizá-los como remédios para determinados tipos de doenças. Analisando tanto o continente americano quanto o africano, além de apresentarem uma posição geográfica privilegiada em termos de biodiversidade, possuem ainda muitos povos que mantêm sua tradição e que utilizam não só insetos, mas muitos recursos naturais como alimentos, remédios e como adereços em rituais religiosos. O continente asiático também apresenta muitos registros da utilização das formigas, principalmente na China, onde a medicina tradicional é muito comum e respeitada como parte da cultura local.

A utilização de insetos como alimento ainda tem outras consequências favoráveis ao desenvolvimento sustentável. Van Huis *et al.* (2014) sugerem que o uso de insetos como fonte de proteínas em substituição parcial da pecuária, a partir de tecnologias a serem desenvolvidas, poderá reduzir consideravelmente a emissão de gás metano, minimizando o efeito estufa. Premalatha *et al.* (2011) sugerem que a eficiência energética no uso de insetos como alimento teria efeitos benéficos no aquecimento global e na degradação ambiental, devendo ser esta uma tarefa que envolva, além do conhecimento de comunidades nativas, as autoridades governamentais, a indústria e o meio científico.





É bem provável que o número de espécies de formigas utilizadas como fonte de recurso alimentar e medicinal pelo ser humano seja bem maior do que a mencionada no presente estudo, pois existem ainda muitas espécies vinculadas apenas com nome popular na transcrição oral de comunidades nativas, mas que podem aumentar consideravelmente a quantidade de espécies listadas, assim que forem feitas as associações específicas. O reconhecimento da amplitude das formigas pelos serviços ambientais prestados, somados aos benefícios para o homem nos quesitos alimentar e medicinal, demonstra que esses animais vêm, aos poucos, substituindo a visão negativa predominante nos centros urbanos, por serem vistas comumente como 'pragas agrícolas' e 'vetores de doenças', pelo devido respeito que merecem por serem insetos extremamente úteis ao ser humano e ao meio ambiente.

## CONCLUSÃO

Os resultados compilados aqui demonstram que as formigas têm sido utilizadas historicamente como alimento e como recurso medicinal pelos seres humanos em vários locais do mundo e, principalmente, pela tradição cultural chinesa. Em função da sua biodiversidade em florestas tropicais muito ainda se tem a descobrir sobre as propriedades nutricionais e terapêuticas das formigas.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos editores do Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais e aos revisores anônimos, pelas sugestões. Ao Rony Peterson Santos Almeida, pelas figuras ilustrativas de países e doenças. Ao professor da escola indígena Cajetano Vera, pelas informações de Guaraní-Kaiowá, e à Dra. Célia M. F. Silvestre, pelas sugestões dadas ao manuscrito. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida ao segundo autor, e ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

## REFERÊNCIAS

ADALLA, C. B. & C. R. CERVANCIA, 2010. Philippine edible insects: a new opportunity to bridge the protein gap of resource-poor families and to manage pests. In: D. B. DURST, D. V. JOHNSON, R. N. LESLIE & K. SHONO (Ed.): **Forest insects as food: humans bite back**. Proceedings of a Workshop on Asia-Pacific Resources and their Potential for Development: 151-160. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok.

AGUIAR, V., 2016. **O último dos comedores de içá**. Disponível em: <https://lembraria.com/2016/12/23/o-ultimo-dos-comedores-de-ica/>. Acesso em: 16 dezembro 2019.

ALVAREZ, G. O., 2005. **O ritual da tocandira entre os Sateré-Mawé: aspectos simbólicos do Waumat**. Universidade de Brasília (Série Antropologia), Brasília. Disponível em <http://www.dan.unb.br/images/doc/Serie369empdf.pdf>. Acesso em: 16 dezembro 2019.

ALVES, G., 2018. Quais as dez comidas mais estranhas do mundo? **Super Interessante**, 4 jul. 2018. Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/quais-as-dez-comidas-mais-estranhas-do-mundo/>. Acesso em: setembro 2018.

ALVES, R. R. N., 2009. Fauna used in popular medicine in Northeast Brazil. **Journal of Ethnobiology Ethnomedicine** 5: 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/1746-4269-5-1>.

ALVES, R. R. N. & I. L. ROSA, 2007. Zootherapy goes to town: the use of animal-based remedies in urban areas of NE and N Brazil. **Journal of Ethnopharmacology** 113(3): 541-555. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.07.015>.

ALVES, R. R. N., H. N. LIMA, M. C. TAVARES, W. M. S. SOUTO, R. R. D. BARBOZA & A. VASCONCELLOS, 2008. Animal-based remedies as complementary medicines in Santa Cruz do Capibaribe, Brazil. **BMC Complementary Medicine and Therapies** 8: 44. DOI: <https://doi.org/10.1186/1472-6882-8-44>.

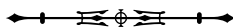
ALVES, R. R. N., G. A. PEREIRA FILHO, K. S. VIEIRA, W. M. SILVA SOUTO, L. E. T. MENDONÇA, P. F. G. P. MONTENEGRO, W. O. A. ALMEIDA & W. L. S. VIEIRA, 2012. A zoological catalogue of hunted reptiles in the semiarid region of Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine** 8: 27. DOI: <https://doi.org/10.1186/1746-4269-8-27>.

ARAÚJO, A. M., 1977. **Medicina rústica**. Companhia Editora Nacional, São Paulo.

ARAÚJO, Y. & P. BESERRA, 2007. Diversidad de invertebrados consumidos por las etnias Yanomami y Yékua del Alto Orinoco, Venezuela. **Interciencia** 32(5): 318-323.

BAGNÈRES, A. G. & E. D. MORGAN, 1991. The postpharyngeal glands and the cuticle of Formicidae contain the same characteristic hydrocarbons. **Experientia** 47: 106-111. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02041269>.

BANI, G., 1995. Some aspects of entomophagy in the Congo. **Foods Insects Newsletter** 8: 4-5.



- BILLEN, J., 2009. Diversity and morphology of exocrine glands in ants. **Proceedings of the Simpósio de Mirmecologia** 19: 1-6.
- BODENHEIMER, F. S., 1951. **Insect as human food**: a chapter of the ecology of man: 1-352. W. Junk, The Hague.
- BOGART, S. L. & J. D. PRUETZ, 2011. Insectivory of savanna chimpanzees (*Pan troglodytes verus*) at Fongoli, Senegal. **American Journal of Physical Anthropology** 145(1): 11-20. DOI: <https://doi.org/10.1002/ajpa.21452>.
- BOLTON, B., 2019. **An online catalog of the ants of the world**. Disponível em: <http://antcat.org>. Acesso em: 9 agosto 2019.
- BRANCH, L. C. & M. F. DA SILVA, 1983. Folk medicine of Alter do Chão, Pará, Brazil. **Acta Amazonica** 13(5-6): 737-797. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4392135737>.
- CÂMARA CASCUADO, L., 2016 [1963]. **História da alimentação no Brasil**. 1ª Edição digital. Global Editora, São Paulo. Disponível em: <https://pensecomigo.com.br/livro-historia-da-alimentacao-no-brasil-pdf-da-luis-camara-cascudo/>. Acesso em: 16 dezembro 2019.
- CASAS REÁTEGUI, R., L. PAWERA, P. P. VILLEGAS PANDURO & Z. POLESNY, 2018. Beetles, ants, wasps, or flies? An ethnobiological study of edible insects among the Awajún Amerindians in Amazonas, Peru. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine** 14: 53. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13002-018-0252-5>.
- CASTRO, M. M., H. H. S. PREZOTO, E. F. FERNANDES, O. C. BUENO & F. PREZOTO, 2015. The ant fauna of hospitals: advancements in public health and research priorities in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia** 59(1): 77-83. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rbe.2015.02.011>.
- CERRITOS, R., 2009. Insects as food: an ecological, social and economical approach. **CAB Reviews** 4(27). DOI: <https://doi.org/10.1079/PAVSNR20094027>.
- CHAKRAVORTY, J., S. GHOSH & V. B. MEYER-ROCHOW, 2011. Practices of entomophagy and entomotherapy by members of the Nyishi and Galo tribes, two ethnic groups of the state of Arunachal Pradesh (North-East India). **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine** 7: 5. DOI: <https://doi.org/10.1186/1746-4269-7-5>.
- CHAKRAVORTY, J., S. GHOSH & V. B. MEYER-ROCHOW, 2013. Comparative survey of entomophagy and entomotherapeutic practices in six tribes of eastern Arunachal Pradesh (India). **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine** 9(1): 50. DOI: <https://doi.org/10.1186/1746-4269-9-50>.
- CHEN, X. & Y. FENG, 1999. **Edible insects in China**. Science and Technology Publishing House, Beijing.
- CHEN, X., Y. FENG & Z. CHEN, 2009. Common edible insects and their utilization in China. **Entomological Research** 39(5): 299-303. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1748-5967.2009.00237.x>.
- CHEN, Y. & R. D. ALUE, 1994. Ants used as food and medicine in China. **Food Insects Newsletter** 7(2): 1-10.
- CHUNG, A. Y. C., V. K. CHEY, S. UNCHI & M. BINTI, 2002. Edible insects and entomophagy in Sabah, Malaysia. **Malayan Nature Journal** 56(2): 131-144.
- CONCONI, J. R. E., 1982. **Los insectos como una fuente de proteínas en el futuro**: 1-144. Editor Limusa, México.
- COSTA-NETO, E. M., 2002. The use of insects in folk medicine in the state of Bahia, northeastern Brazil, with notes on insects reported elsewhere in Brazilian folk medicine. **Human Ecology** 30(2): 245-264. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1015696830997>.
- COSTA-NETO, E. M., 2003. Insetos como fontes de alimentos para o homem: valoração de recursos considerados repugnantes. **Interciencia** 28(3): 136-140.
- COSTA-NETO, E. M., 2005. Entomotherapy, or the medicinal use of insects. **Journal of Ethnobiology** 25(1): 93-114. DOI: [https://doi.org/10.2993/0278-0771\(2005\)25\[93:EOTMUO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2993/0278-0771(2005)25[93:EOTMUO]2.0.CO;2).
- COSTA NETO, E. M. & J. RAMOS-ELORDUY, 2006. Los insectos comestibles de Brasil: etnicidad, diversidad e importancia en la alimentación. **Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa** (38): 423-442.
- CROZIER, R. & P. NEWEY, 2010. A masterpiece of evolution *Oecophylla* weaver ants (Hymenoptera: Formicidae). **Myrmecological News** 13: 57-71.
- DE FOLIART, G. R., 2002. **The human use of insects as a food resource**: a bibliographic account in progress. University of Wisconsin, Madison.
- DOSSEY, A. T., 2010. Insects and their chemical weaponry: new potential for drug discovery. **Natural Product Reporter** 27(12): 1737-1757. DOI: <https://doi.org/10.1039/c005319h>.
- DUPLANTIER, J. E., T. M. FREEMAN, S. L. BAHNA, R. A. GOOD & M. R. SHER, 1998. Successful rush immunotherapy for anaphylaxis to imported fire ants. **Journal of Allergy and Clinical Immunology** 101(6): 855-856. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0091-6749\(98\)70318-5](https://doi.org/10.1016/S0091-6749(98)70318-5).
- EDGAR, H. J. H., 2007. Microevolution of African American dental morphology. **American Journal of Physical Anthropology** 132(4): 535-544. DOI: <https://doi.org/10.1002/ajpa.20550>.
- FOLHA DE SÃO PAULO, 2012. Formigas são preparadas com alho, bacon e calabresa no interior de São Paulo. Disponível em: <https://m.folha.uol.com.br/comida/2012/11/1180753-formigas-sao-preparadas-com-alho-bacon-e-calabresa-no-interior-de-sao-paulo.shtml>. Acesso em: setembro 2018.
- GAHUKAR, R. T., 2011. Entomophagy and human food security. **International Journal of Tropical Insect Science** 31(3): 129-144. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1742758411000257>.





- GROARK, K. P., 2001. Taxonomic identity of "hallucinogenic" harvester ant (*Pogonomyrmex californicus*) confirmed. **Journal of Ethnobiology** 21(2): 133-144.
- HAMERMAN, E. J., 2016. Cooking and disgust sensitivity influence preference for attending insect-based food events. **Appetite** 96: 319-326. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2015.09.029>.
- HAMILTON, A. J., Y. BASSET, K. K. BENKE, P. S. GRIMBACHER, S. E. MILLER, V. NOVOTNY, G. A. SAMUELSON, N. E. STORK, G. D. WEIBLEN & J. D. L. YEN, 2010. Quantifying uncertainty in estimation of tropical arthropod species richness. **The American Naturalist** 176(1): 90-95. DOI: <https://doi.org/10.1086/652998>.
- HANBOONSONG, Y., 2010. Edible insects and associated food habits in Thailand. In: D. B. DURST, D. V. JOHNSON, R. N. LESLIE & K. SHONO (Ed.): **Forest insects as food: humans bite back**. Proceedings of a Workshop on Asia-Pacific Resources and their Potential for Development: 173-182. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok.
- HANBOONSONG, Y., Y. UTSUNOMIYA, A. RATTANAPAN & K. MASUMOTO, 2000. Edibles insects and insect-eating habit in Northeast Thailand. **Elytra** 28(2): 355-364.
- HASHIMOTO, C., T. FURUICHI & Y. TASHIRO, 2000. Ant dipping and meat eating by wild chimpanzees in the kalinzu forest, Uganda. **Primates** 41(1): 103-108. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02557466>.
- JIANG, Z. H., Q. X. YANG, T. TANAKA & I. KOUNO, 2008. Bicyclic polyketide lactones from Chinese medicinal ants, *Polyrhachis lamellidens*. **Journal of Natural Products** 71(4): 724-727. DOI: <https://doi.org/10.1021/np070558l>.
- JONGEMA, Y., 2017. **List of edible insect species of the world**. Wageningen University & Research, Wageningen. Disponível em: <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm>. Acesso em: setembro 2018.
- KATZ, E., 2016. Les insectes comestibles en Amérique Latine: de nourritures d'Indiens à patrimoine alimentaire. In: E. MOTTE-FLORAC & P. LE GALL (Ed.): **Savoureux insectes**: 89-118. Presses Universitaires de Rennes, Tours.
- KELEMU, S., S. NIASSY, B. TORTO, K. FIABOE, H. AFFOGNON, H. TONNANG, N. K. MANIANIA & S. EKESI, 2015. African edible insects for food and feed: inventory, diversity, commonalities and contribution to food security. **Journal of Insects as Food and Feed** 1(2): 103-119. DOI: <https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0016>.
- KOU, J., Y. NI, N. LI, J. WANG, L. LIU & Z. H. JIANG, 2005. Analgesic and anti-inflammatory activities of total extract and individual fractions of Chinese medicinal ants *Polyrhachis lamellidens*. **Biological and Pharmaceutical Bulletin** 28(1): 176-180. DOI: <https://doi.org/10.1248/bpb.28.176>.
- KUMARI, B. & S. KUMAR, 2009. An insight into the ethnozoology of Panch Pargana area of Jharkand, India. **Water** 1(8): 441-443. DOI: <https://doi.org/10.11609/joTT.o1717.441-3>.
- LAWAL, O. A. & A. D. BANJO, 2007. Survey for the usage of arthropods in traditional medicine in southwestern Nigeria. **Journal of Entomology** 4(2): 104-112.
- LENKO, K. & N. PAPAVERO, 1979. **Insetos no folclore**: 1-518. Conselho Estadual de Artes e Ciências Humanas, São Paulo.
- LIMA, W. R. D. S., S. G. MARQUES, F. S. RODRIGUES & J. M. M. REBÊLO, 2013. Ants in a hospital environment and their potential as mechanical bacterial vectors. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical** 46(5): 637-640. DOI: <https://doi.org/10.1590/0037-8682-1607-2013>.
- LIU, D., 1991. Observations on effect of ant powder in the treatment of 808 patients suffering from rheumatoid arthritis. In: Z. WU (Ed.): **Ants and rheumatoid arthritis**: 184-187. Jiangsu Scientific and Technological Publishing House, Nanjing, Jiangsu, China.
- LOCKHART, G. J., 2007. **Ants, and other great Medicines**: an unpublished book by Gary J. Lockhart (1942-2001). Disponível em: <https://www.arthurleej.com/Ants.pdf>. Acesso em: janeiro 2020.
- MAGALHÃES, J., 1963. **Substâncias animais na terapêutica popular**. Imprensa Universitária, Fortaleza.
- MARQUES, J. G. W. & E. M. COSTA-NETO, 1994. Insects as folk medicines in the state of Alagoas, Brazil. **Proceedings of the International Conference Traditional Medicine and Folklore** 8(4): 115-119.
- MENDONÇA, A. L., C. E. SILVA, F. L. T. MESQUITA, R. S. CAMPOS, R. R. NASCIMENTO, E. C. P. A. XIMENES & A. E. G. SANT'ANA, 2009. Antimicrobial activities of components of the glandular secretions of leaf cutting ants of the genus *Atta*. **Antonie van Leeuwenhoek** 95: 295-303. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10482-009-9312-0>.
- MEYER-ROCHOW, V. B., 2010. Entomophagy and its impact on world cultures: the need for a multidisciplinary approach. In: D. B. DURST, D. V. JOHNSON, R. N. LESLIE & K. SHONO (Ed.): **Forest insects as food: humans bite back**. Proceedings of a Workshop on Asia-Pacific Resources and their Potential for Development: 23-36. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok.
- NANDASENA, M. R. M. P., D. M. S. K. DISANAYAKE & L. WEERATUNGA, 2010. Sri Lanka as a potential gene pool of edible insects. In: D. B. DURST, D. V. JOHNSON, R. N. LESLIE & K. SHONO (Ed.): **Forest insects as food: humans bite back**. Proceedings of a Workshop on Asia-Pacific Resources and their Potential for Development: 161-164. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok.
- NKOUKA, E., 1987. Les insectes comestibles dans les sociétés d'Afrique Centrale. **R Revue Scientifique et Culturelle du CICIBA** 6(1): 171-178.

- NONAKA, K., 2010. Cultural and commercial roles of edible wasps in Japan. In: D. B. DURST, D. V. JOHNSON, R. N. LESLIE & K. SHONO (Ed.): **Forest insects as food: humans bite back**: 123-130. FAO, Bangkok, Thailand.
- ONORE, G., 2005. Edible insects in Ecuador. In: M. G. PAOLETTI (Ed.): **Ecological implications of minilivestock**: 343-352. Science Publishers, Enfield, New Hampshire.
- ORANUT, S., B. SUBHACHAI, L. R. SHEN & D. LI, 2010. Lipids and fatty acid composition of dried edible red and black ants. **Agricultural Sciences in China** 9(7): 1072-1077. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(09\)60192-9](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(09)60192-9).
- OUDHIA, P., 2002. Traditional medicinal knowledge about red ant *Oecophylla smaragdina* (Fab.) [Hymenoptera: Formicidae] in Chhattisgarh, India. **Insect Environment** 8: 114-115.
- PADMANABHAN, P. & K. A. SUJANA, 2008. Animal products in traditional medicine from Attappady hills of Western Ghats. **Indian Journal of Traditional Knowledge** 7(2): 326-329.
- PAOLETTI, M. G. (Ed.), 2005. **Ecological implications of the use of minilivestock**. Potential of insects, rodents, frogs and snails: 1-635. Science Publishers Inc., Enfield.
- POSEY, D., 1986. Topics and issues in ethnoentomology with some suggestions for the development of hypothesis-generation and testing in ethnobiology. **Journal of Ethnobiology** 6(1): 99-120.
- PREMALATHA, M., T. ABBASI, TABASSUM ABBASI & S. A. ABBASI, 2011. Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: the use of edible insects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 15(9): 4357-4360. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.115>.
- QUIN, P. J., 1959. **Foods and feeding habits of the Pedi with special reference to identification, classification, preparation and nutritive value of the respective foods**. Witwatersrand University Press, Johannesburg.
- RAMOS-ELORDUY, J., 2002. Edible insects of Chiapas, Mexico. **Ecology of Food and Nutrition** 41(4): 271-299. DOI: <https://doi.org/10.1080/03670240214081>.
- RAMOS-ELORDUY, J., 2006. Threatened edible insects in Hidalgo, Mexico and some measures to preserve them. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine** 2: 51. DOI: <https://doi.org/10.1186/1746-4269-2-51>.
- RAMOS-ELORDUY, J., M. J. M. PINO & S. CUEVAS CORREA, 1998. Insectos comestibles del Estado de México y determinación de su valor nutritivo. **Anales del Instituto de Biología, Serie Zoología** 69(1): 65-104.
- RAMOS-ELORDUY, J., E. M. COSTA NETO, J. M. PINO, M. S. C. CORREA, J. GARCÍA-FIGUEROA & D. H. ZETINA, 2007. Conocimiento de la entomofauna útil en el poblado La Purísima Palmar de Bravo, Estado de Puebla, México. **Biotemas** 20(2): 121-134.
- RASTOGI, N., 2011. Provisioning services from ants: food and pharmaceuticals. **Asian Myrmecology** 4(1): 103-120. DOI: <https://doi.org/10.20362/am.004008>.
- RATCLIFFE, N. A., C. B. MELLO, E. S. GARCIA, T. M. BUTT & P. AZAMBUJA, 2011. Insect natural products and processes: new treatments for human disease. **Insect Biochemistry and Molecular Biology** 41(10): 747-769. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2011.05.007>.
- ROSSATO, J. C., 1984. A saúva no folclore paulista. **Anuário do Folclore** 11(14): 1-14.
- SCHABEL, H. G., 2010. Forest insects as food: a global review. In: D. B. DURST, D. V. JOHNSON, R. N. LESLIE & K. SHONO (Ed.): **Forest insects as food: humans bite back**. Proceedings of a Workshop on Asia-Pacific Resources and their Potential for Development: 37-64. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok.
- SCHRADER, J., D. G. A. B. OONINCX & M. P. FERREIRA, 2016. North American entomophagy. **Journal of Insects as Food and Feed** 2(2): 111-120. DOI: <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0003>.
- SHANTIBALA, T., R. LOKESHWARI, G. THINGNAM & B. G. SOMKUWAR, 2012. MEIMAN: database exploring medicinal and edible insects of Manipur. **Bioinformation** 8(10): 489-491. DOI: <https://doi.org/10.6026/97320630008489>.
- SHOCKLEY, M. & A. T. DOSSEY, 2013. Insects for human consumption. In: J. MORALES-RAMOS, G. ROJAS & D. I. SHAPIRO-LLAN (Ed.): **Mass production of beneficial organisms**: 617-652. Elsevier, San Diego.
- SILOW, C. A., 1983. Notes on Ngangela and Nkoya Ethnozoology. Ants and termites. **Etnologyska Studier** 36: 117.
- SOUTO, F. J. B. & N. L. LIRA, 1998. **Utilização de animais pela medicina popular no estado da Paraíba**. UEPB, Campina Grande.
- SRIBANDIT, W., D. WIWATWITAYA, S. SUKSARD & J. OFFENBERG, 2009. The importance of weaver ant (*Oecophylla smaragdina* Fabricius) harvest to a local community in Northeastern Thailand. **Asian Myrmecology** 2(1): 129-138.
- TANG, J., P. FANG, H. XIA, Z. TU, B. HOU, Y. YAN, L. DI, L. ZHANG & Y. CHENG, 2015. Constituents from the edible Chinese black ants (*Polyrhachis dives*) showing protective effect on rat mesangial cells and anti-inflammatory activity. **Food Research International** 67: 163-168. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.11.022>.



TUTIN, C. E. G. & M. FERNANDEZ, 1992. Insect-eating by sympatric lowland gorillas (*Gorilla gorilla*) and chimpanzees (*Pan troglodytes*) in the Lopé Reserve, Gabon. **American Journal of Primatology** 28(1): 29-40. DOI: <https://doi.org/10.1002/ajp.1350280103>.

VAN DER MEER, M. J. C., 1965. Insects eaten by the Karo-Batak people (A contribution to entomo-bromatology). **Entomologische Berichten** 25(6): 101-107.

VAN HUIS, A., 2002. Medicinal and stimulating properties ascribed to arthropods and their products in Sub-Saharan Africa. In: É. MOTTE-FLORAC & J. M. C. THOMAS (Ed.): **Insects in oral literature and traditions**: 367-382. Peeters-SELAF (Ethnoscience), Paris-Louvain.

VAN HUIS, A., 2003. Insects as food in sub-Saharan Africa. **International Journal of Tropical Insect Science** 23(3): 163-185. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1742758400023572>.

VAN HUIS, A., J. VAN ITTERBEECK, H. KLUNDER, E. MERTENS, A. HALLORAN, G. MUIRET & P. VANTOMM, 2014. **Insectes comestibles perspectives pour la sécurité alimentaire et l'alimentation animale**: 1-210. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome.

WILKINSON, K., B. MUHLHAUSLER, C. MOTLEY, A. CRUMP, H. BRAY & R. ANKENY, 2018. Australian consumers' awareness and acceptance of insects as food. **Insects** 9(2): 44. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects9020044>.

YEN, A., 2005. Insects and other invertebrate foods of the Australian aborigines. In: M. PAOLETTI (Ed.): **Ecological implications of minilivestock**: potential of insects, rodents, frogs and snails: 367-388. Science Publishers, Enfield, New Hampshire.

YHOUNG-AREE, J. & K. VIWATPANICH, 2005. Edibles insects in the Laos PDR, Myanmar, Thailand, and Vietnam. In: M. G. PAOLETTI (Ed.): **Ecological implications of minilivestock**: potential of insects, rodents, frogs, and snails: 415-440. Science Publishers, Enfield, New Hampshire.



## Apêndice 1. Formigas utilizadas como recurso alimentar (mirmecofagia).

(Continua)

Subfamília/Espécies	País	Referências
Dolichoderinae		
<i>Liometopum apiculatum</i> Mayr, 1980	México	Ramos-Elorduy <i>et al.</i> (1998, 2007), Ramos-Elorduy (2006), De Foliart (2002), Cerritos (2009)
Dorylinae		
<i>Dorylus nigricans</i> Illiger, 1902	Camarões	Van Huis (2003)
<i>Eciton burchellii</i> (Westwood, 1842)	Venezuela	Araujo & Beserra (2007)
Formicinae		
<i>Camponotus aurocinctus</i> (Smith, F., 1858)	Austrália	De Foliart (2002)
<i>Camponotus consobrinus</i> (Erichson, 1842)	Austrália	De Foliart (2002)
<i>Camponotus dumetorum</i> Wheeler, 1910	México	Ramos-Elorduy (2002)
<i>Camponotus inflatus</i> Lubbock, 1880	Austrália	De Foliart (2002)
<i>Camponotus japonicus</i> Mayr, 1866	China	Chen, X. & Feng (1999)
<i>Camponotus maculatus</i> (Fabricius, 1782)	Neártico	Schrader <i>et al.</i> (2016)
<i>Camponotus pennsylvanicus</i> (De Geer, 1773)	Neártico	Schrader <i>et al.</i> (2016)
<i>Camponotus</i> spp. (ovos)	Filipinas	Adalla & Cervancia (2010)
<i>Colobopsis gasseri</i> (Forel, 1894)	Austrália	De Foliart (2002)
<i>Dinomyrmex gigas</i> (Latreille, 1802)	Malásia	Chung <i>et al.</i> (2002)
<i>Formica aquilonia</i> Yarrow, 1955	China	Chen, X. & Feng (1999)
<i>Formica beijingsensis</i> Wu, 1990	China	Chen, X. & Feng (1999)
<i>Formica fusca</i> Linnaeus, 1758	China	Chen, X. & Feng (1999)
<i>Formica japonica</i> Motschoulsky, 1866	China	Chen, X. & Feng (1999)
<i>Formica sanguinea</i> Latreille, 1798	China	Chen, X. & Feng (1999)
<i>Formica truncorum</i> Fabricius, 1804	China	Chen, X. & Feng (1999)
<i>Formica uralensis</i> Ruzsky, 1895	China	Chen, X. & Feng (1999)
<i>Formica yessensis</i> Wheeler, 1913	China	Chen, X. & Feng (1999)
<i>Lasius flavus</i> (Fabricius, 1782)	China	Chen, X. & Feng (1999)
<i>Melophorus bagoti</i> Lubbock, 1883	Austrália	De Foliart (2002)
<i>Myrmecocystus melliger</i> Forel, 1886	Neártico e México	Ramos-Elorduy <i>et al.</i> (1998, 2007), Ramos-Elorduy (2006), De Foliart (2002), Cerritos (2009)
<i>Myrmecocystus mexicanus</i> Wesmael, 1938	Neártico e México	Ramos-Elorduy (2006), De Foliart (2002), Cerritos (2009)
<i>Oecophylla longinoda</i> (Latreille, 1802)	Congo, Camarões e Chade	Wilkinson <i>et al.</i> (2018), De Foliart (2002)
<i>Oecophylla smaragdina</i> (Fabricius, 1775)	Austrália, Tailândia, Myanmar, Índia, Laos, Malásia, China, Sri Lanka	De Foliart (2002), Chakravorty <i>et al.</i> (2011, 2013), Hanboonsong <i>et al.</i> (2000), Hanboonsong (2010), Yhoun-Aree & Vivatpanich (2005), Chung <i>et al.</i> (2002), Chen, X. & Feng (1999), Chen, X. <i>et al.</i> (2009), Nandasena <i>et al.</i> (2010)



## Apêndice 1.

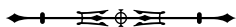
(Conclusão)

Subfamília/Espécies	País	Referências
<i>Polyrhachis dives</i> Smith, F., 1857	China	De Foliart (2002), Chen, X. & Feng (1999), Chen, X. <i>et al.</i> (2009)
<i>Polyrhachis illaudata</i> Walker, 1859	China	Chen, X. & Feng (1999)
<i>Polyrhachis lamellidens</i> Smith, F., 1874	China	Chen, X. & Feng (1999)
Myrmeciinae		
<i>Myrmecia pyriformis</i> Smith, 1858	Austrália	De Foliart (2002)
Myrmicinae		
<i>Acromyrmex octospinosus</i> (Reich, 1793)	México	Ramos-Elorduy (2002)
<i>Acromyrmex rugosus</i> (Smith, F., 1858)	México	Ramos-Elorduy (2002)
<i>Atta bisphaerica</i> Forel, 1908	Brasil, Colômbia, Equador	De Foliart (2002), Costa Neto & Ramos-Elorduy (2006), Onore (2005)
<i>Atta capiguara</i> Gonçalves, 1944	Brasil	Costa Neto & Ramos-Elorduy (2006)
<i>Atta cephalotes</i> (Linnaeus, 1758)	Brasil, Colômbia, Guiana, Honduras, Nicarágua, México, Equador, Venezuela	De Foliart (2002), Araujo & Beserra (2007), Costa Neto & Ramos-Elorduy (2006), Onore (2005)
<i>Atta laevigata</i> (Smith, F., 1858)	Colômbia	De Foliart (2002), Costa Neto & Ramos-Elorduy (2006)
<i>Atta mexicana</i> (Smith, F., 1858)	México	Ramos-Elorduy (2002)
<i>Atta opaciceps</i> Borgmeier, 1939	Brasil	Costa Neto & Ramos-Elorduy (2006)
<i>Atta sexdens</i> (Linnaeus, 1758)	Brasil	Costa Neto & Ramos-Elorduy (2006)
<i>Atta texana</i> (Buckley, 1860)	México	Katz (2016)
<i>Carebara castanea</i> Smith, F., 1858	Tailândia	Hanboonsong <i>et al.</i> (2000), Hanboonsong (2010)
<i>Carebara lignata</i> Westwood, 1840	Zâmbia, África do Sul, Zimbábue, Botsuana, Sudão, Moçambique, Namíbia, China	Kelemu <i>et al.</i> (2015), Chen, X. & Feng (1999)
<i>Carebara vidua</i> Smith, F., 1858	África do Sul, Zâmbia, Zimbábue, Malauí, República Democrática do Congo, Quênia, Botsuana, Sudão	Kelemu <i>et al.</i> (2015), De Foliart (2002), Bodenheimer (1951), Quin (1959), Silow (1983)
<i>Cephalotes atratus</i> (Linnaeus, 1758)	Peru	Casas Reátegui <i>et al.</i> (2018)
<i>Crematogaster vandermeermohri</i> Menozzi, 1930	Indonésia	Van der Meer (1965), Jongema (2017)
<i>Pogonomyrmex barbatus</i> (Smith, F., 1858)	México	Ramos-Elorduy <i>et al.</i> (1998), Ramos-Elorduy (2006)
<i>Pogonomyrmex californicus</i> (Buckley, 1867)	Neártico	De Foliart (2002)
<i>Pogonomyrmex desertorum</i> Wheeler, 1902	Neártico	De Foliart (2002)
<i>Pogonomyrmex occidentalis</i> (Cresson, 1865)	Neártico	De Foliart (2002)
<i>Pogonomyrmex salinus</i> Olsen, 1934	Neártico	De Foliart (2002)
<i>Tetramorium caespitum</i> (Linnaeus, 1758)	China	Chen, X. & Feng (1999)



Apêndice 2. Formigas utilizadas como recurso na medicina alternativa. (Continua)

Subfamílias/Espécies	Doenças tratadas	País	Referências
Formicinae			
<i>Camponotus brutus</i> Forel, 1886	Feridas externas (mandíbula)	Nigéria	Lawal & Banjo (2007)
<i>Formica rufa</i> Linnaeus, 1761	O ácido fórmico é utilizado para infecções bacterianas e artrite	Ásia Central	Lockhart (2007)
<i>Myrmecocystus mexicanus</i> Wesmael, 1938	O mel é utilizado para tratamento de catarata	México	Conconi (1982)
<i>Myrmecocystus melliger</i> Forel, 1886	O veneno é utilizado no tratamento de reumatismo, artrite e histeria	México	Ramos-Elorduy (2006)
	O mel da formiga é utilizado para curar machucados, membros inchados e dor de ouvido		De Foliart (2002)
<i>Oecophylla longinoda</i> (Latreille, 1802)	Asma e tosse aguda (extrato do ninho); afrodisíaco	Austrália	Van Huis (2002)
<i>Oecophylla smaragdina</i> (Syn. <i>Formica virescens</i> ) (Fabricius, 1775)	Doenças estomacais (secreção ácida)	África Central	Nkouka (1987), Bani (1995)
	Resistência contra fadiga e insolação	Índia	Rastogi (2011)
	A pasta é utilizada para miopia; resfriado, dor de estômago e friagem O óleo (onde formigas adultas são mergulhadas) é utilizado no tratamento de reumatismo, infecções de estômago, micose, gota e também como afrodisíaco Atua também para tratamento de gota e dor nas articulações, fraqueza resultante de febre prolongada (febre tifoide) e na prevenção de gastrite		Padmanabhan & Sujana (2008), Posey (1986), Oudhia (2002), Kumari & Kumar (2009)
	Gripe, resfriado e dor de cabeça		Austrália
	Benéfica para mulheres no período da menstruação, utilizada como expectorante	Miamar	De Foliart (2002)
	Utilizada para desintoxicação do sangue; estanca hemorragia pós-aborto; restaura e remove resíduos do útero pós-parto; estimula o pulso e os batimentos cardíacos; alivia sintomas de asma e tonturas	Tailândia	Yhoun-Aree & Viwatpanich (2005)
<i>Polyrhachis dives</i> Smith, F., 1857	Estimula a circulação sanguínea e o sistema urinário; combate a inflamação e a dor; estimula a produção de leite em mulheres no período de lactação; utilizada no tratamento de artrite reumatoide e asma; antienvhecimento; aumenta a imunidade em pessoas com câncer; combate a falta de apetite e a dificuldade na digestão	China	Liu (1991), Chen, Y. & Alue (1994)





## Apêndice 2.

(Conclusão)

Subfamílias/Espécies	Doenças tratadas	País	Referências
<i>Polyrhachis lamellidens</i> Smith, F., 1874	Artrite e hepatite	China	Kou <i>et al.</i> (2005), Jiang <i>et al.</i> (2008)
Myrmicinae			
<i>Atta cephalotes</i> (Linnaeus, 1758)	Dores de ouvido e de garganta; dor de estômago; doenças cardíacas e palpitações no peito	Brasil	Branch & Da Silva (1983), Alves, R. <i>et al.</i> (2008), Alves, R. (2009)
<i>Atta sexdens</i> (Linnaeus, 1758)	Amigdalite; rouquidão; dor de estômago; má digestão; palpitações no peito	Brasil	Branch & Da Silva (1983), Alves, R. <i>et al.</i> (2008)
<i>Atta</i> spp.	Tuberculose; conjuntivite; asma; hemorragia; amidalite; rouquidão; falta de apetite; afrodisíaco; alcoolismo; candidíase	Brasil	Magalhães (1963), Araújo (1977), Rossato (1984), Souto & Lira (1998), Mendonça <i>et al.</i> (2009)
<i>Solenopsis geminata</i> (Fabricius, 1804)	Problemas gástricos (suco do inseto)	Índia	Shantibala <i>et al.</i> (2012)
<i>Solenopsis invicta</i> Buren, 1972	Antiinflamatório (picada); anafilaxia (extrato)	Brasil, EUA	Cajetano Vera (comunicação pessoal, 2019) Duplantier <i>et al.</i> (1998)
<i>Pogonomyrmex californicus</i> (Buckley, 1866)	Panaceia	Brasil	Groark (2001)
Myrmeciinae			
<i>Myrmecia nigricapax</i> Roger, 1861	Fungicida (secreções da glândula metapleurale)	Austrália	Lockhart (2007)
<i>Myrmecia gulosa</i> (Fabricius, 1775)	Fungicida (secreções da glândula metapleurale)	Austrália	Lockhart (2007)
Paraponerinae			
<i>Paraponera clavata</i> (Fabricius, 1775)	Medicina preventiva; doenças espirituais; ritual de passagem; virilidade (picada)	Brasil	Alvarez (2005)
Ponerinae			
<i>Dinoponera gigantea</i> (Perty, 1833)	Impotência; abscesso; verrugas (picada)	Brasil	Marques & Costa-Neto (1994), Lenko & Papavero (1979)
<i>Dinoponera quadriceps</i> Kempf, 1971	Asma (patuá)	Brasil	Alves, R. (2009), Alves, R. & Rosa (2007)





# Jardins de formigas: qual o estado do conhecimento sobre essas interações mutualísticas entre formigas e plantas?

## Ant-gardens: what is the current state of the knowledge about these mutualistic interactions between ants and plants?

Ricardo Eduardo Vicente<sup>I</sup>  | Ivone Vieira da Silva<sup>I</sup>  | Thiago Junqueira Izzo<sup>II</sup> 

<sup>I</sup>Universidade do Estado de Mato Grosso. Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil

<sup>II</sup>Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, Mato Grosso, Brasil

**Resumo:** Entre as interações mutualísticas envolvendo formigas e plantas, o exemplo mais complexo conhecido chama-se jardins de formigas. Nesta interação, as formigas constroem o ninho na vegetação, plantam sementes de epífitas e as protegem, quando crescem. Em troca, as epífitas controlam a umidade do ninho, oferecem estrutura para o seu crescimento e alimento para as formigas. Neste artigo, contextualizamos e situamos o leitor quanto à interação mutualística denominada de jardins de formigas, compilamos informações disponíveis na literatura e trazemos dados de pesquisas ainda não publicadas, mas em andamento, sobre este assunto.

**Palavras-chave:** *Camponotus femoratus*. *Crematogaster levior*. Dominância. Mutualismo. Parabiiose.

**Abstract:** The most complex mutualistic interaction between ants and plants is called Ant-garden. In this interaction, ants build their nests in tree branches, plant epiphyte seeds and protect these plants as they grow. In exchange, epiphytes control the moisture in ant nests, and provide structure for nest growth and food for ants. Herein, we provide information about Ant-garden mutualistic interactions, including the currently available literature, and report about the current research being performed on this topic.

**Keywords:** *Camponotus femoratus*. *Crematogaster levior*. Dominance. Mutualism. Parabiosis.

---

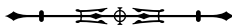
VICENTE, R. E., I. V. SILVA & T. J. IZZO, 2020. Jardins de formigas: qual o estado do conhecimento sobre essas interações mutualísticas entre formigas e plantas? **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(1): 55-63. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.236>.

Autor para correspondência: Ricardo Eduardo Vicente. Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Centro de Pesquisas e Tecnologia na Amazônia (CEPTAM). Laboratório de Anatomia Vegetal. Alta Floresta, MT, Brasil. CEP 78580-000 (ricardomyrmex@gmail.com).

Recebido em 14/12/2019

Aprovado em 21/02/2020

Responsabilidade editorial: Rony Peterson Santos Almeida



## JARDINS DE FORMIGAS: UMA INTERAÇÃO MUTUALÍSTICA ENTRE FORMIGA-PLANTA

As formigas (Hymenoptera, Formicidae) são insetos altamente abundantes e diversificados tanto em termos de espécies quanto em relação a grupos funcionais (Fittkau & Klinge, 1973; Hölldobler & Wilson, 1990; Baccaro *et al.*, 2015; Santos-Silva *et al.*, 2016; Vicente *et al.*, 2016). Desempenham várias funções no ambiente e, por esse motivo, são consideradas engenheiras ecossistêmicas (Folgarait, 1998; Meyer *et al.*, 2011). Elas também favorecem a diversidade de organismos, por estarem envolvidas em múltiplos tipos de interações com diversos outros animais (Kaminski *et al.*, 2009; Gallego-Roperro *et al.*, 2013; Puker *et al.*, 2015), inclusive com outras formigas (Gallego-Roperro & Feitosa, 2014; Rabeling *et al.*, 2019), microrganismos (Nepel *et al.*, 2016; Sanders *et al.*, 2014; Mueller *et al.*, 2017) e plantas (Frederickson, 2005; Nepel *et al.*, 2016; Dáttilo *et al.*, 2009; Izzo & Benelli-Petini, 2011).

As interações desempenhadas por esses insetos com outros organismos apresentam-se variadas dentro do contexto das relações ecológicas conhecidas, podendo ser prejudiciais ou benéficas mutuamente (Frederickson, 2005; Dáttilo *et al.*, 2009; Cerdá & Dejean, 2011; Rabeling *et al.*, 2019). Dentre essas interações, destaque-se as que são cooperativas entre as espécies como um dos temas centrais em ecologia, principalmente o mutualismo (Bronstein, 2001). Nesta interação, uma espécie realiza uma tarefa ou fornece um recurso que a outra espécie não consegue executar ou adquirir sozinha e recebe um tipo de pagamento ou gratificação pelo benefício desempenhado (Hoeksema & Bruna, 2000).

Considerando-se a diversidade de interações mutualísticas entre formigas e plantas (Dáttilo *et al.*, 2009), as plantas mais estudadas são as que possuem nectários extraflorais (Del-Claro *et al.*, 2016; Lange *et al.*, 2013; Dáttilo *et al.*, 2013; Heil, 2015) e as mirmecófitas, ou seja, aquelas que possuem cavidades ocas que servem de abrigo para formigas (Michelangeli, 2010; Izzo & Benelli-Petini, 2011; Izzo & Vasconcelos, 2002; Dejean *et al.*, 2018a).

Há, no entanto, uma notável interação mutualística envolvendo essas espécies, encontrada em florestas tropicais, que pode reunir todas as formas de interações entre formigas e plantas citadas anteriormente (e.g. Kaufmann & Maschwitz, 2006; Orivel & Leroy, 2011), conhecida como jardins de formigas (JF) (Figura 1), a qual ainda é pouco estudada.

Sabe-se que muitas espécies de formigas mantêm interações facultativas com epífitas, nidificando no emaranhado de raízes dessas plantas e protegendo tanto a epífita quanto a planta suporte (Dejean & Olmsted, 1997; DaRocha *et al.*, 2016). Em jardins de formigas, no entanto, a interação não é facultativa, pois as formigas constroem seus ninhos e plantam epífitas específicas, onde constantemente incorporam matéria orgânica para o crescimento das plantas (Kleinfeldt, 1978; Davidson, 1988; Kaufmann *et al.*, 2001; Youngsteadt *et al.*, 2009; Weissflog *et al.*, 2017; Morales-Linares *et al.*, 2018), sendo a principal responsável pela dispersão de sementes dessas espécies vegetais (Youngsteadt *et al.*, 2009). Cerca de 0,67% das espécies que ocorre na região paleotropical ocorre em JF, e essa porcentagem é ainda menor na região neotropical (menos de 0,35%), onde a diversidade biológica é maior. Esse número cai pela metade, aproximadamente, quando considerada a quantidade de espécies de epífitas restritas a JF (Orivel & Leroy, 2011). Apesar do conhecimento atual sobre a florística dos JF, ainda não se sabe se a dispersão é o único limitante para essas plantas ou se existem outros fatores envolvidos.

Com o estabelecimento e o crescimento das epífitas e, conseqüentemente, o adensamento das raízes, que controlam a umidade do ninho (Yu, 1994), as formigas podem expandir os ninhos utilizando as raízes como vigas (R. E. Vicente, observação pessoal, 2020). Ao crescerem, essas espécies emitem biomassa vegetal fresca, a qual é atrativa para os herbívoros, sendo que as formigas protegem as plantas, reagindo aos possíveis estímulos de predação, afastando os herbívoros e, conseqüentemente, reduzindo a herbivoria nestas plantas (Vantaux *et al.*, 2007; Vicente *et al.*, 2014; Leal *et al.*, 2017). Em contrapartida,



Figura 1. Jardins de formigas registrados nos módulos do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio), localizados no município de Cláudia, Mato Grosso: A) vista lateral demonstrando as paredes de cartão com ramificações de *Peperomia*; B) jardim de formigas com *Epiphyllum* e *Codonanthe* ocupando um emaranhado de galhos no dossel; C) jardim coberto apenas por *Peperomia* crescendo em lianas ligadas ao dossel da floresta. Fotos: R. E. Vicente (2014).

com o aumento do *fitness* das epífitas, elas conseguem oferecer mais alimentos para as formigas através dos nectários e dos frutos, aumentando o sucesso reprodutivo dos insetos, que se tornam mais frequentes (Kleinfeldt, 1978; Davidson, 1988; Leal *et al.*, 2017).

### AS ESPÉCIES ENVOLVIDAS NOS JARDINS DE FORMIGAS

Ao longo das regiões paleo e neotropical, são conhecidas 137 espécies de epífitas e 30 de formigas habitando jardins de formigas (Orivel & Leroy, 2011). Esse número corresponde a uma ínfima porcentagem da diversidade de espécies dos grupos ao longo do globo (Zotz, 2013;

Bolton, 2019). Apesar de compor um sistema ecológico interessante, que vai além da interação formiga-planta (Carrias *et al.*, 2012), permanece como um sistema pobremente estudado. Exemplo dessa lacuna é a falta de conhecimento sobre a especificidade da interação tanto por parte da planta quanto da formiga, que pode ser oportunista e colonizar um JF desocupado (Kaufmann & Maschwitz, 2006; Orivel & Leroy, 2011).

Na região neotropical, são encontradas nove espécies de formigas e 53 de epífitas habitantes obrigatórias de JF (Orivel & Leroy, 2011). Os JF das formigas *Camponotus femoratus* (Fabricius, 1804) (Formicinae) com *Crematogaster levior* Longino, 2003 (Myrmicinae) são os mais abundantes e



frequentes, compondo cerca de 95% dos JF de uma área de floresta, estando presentes em cerca de 19% das clareiras, além de apresentarem a mais ampla distribuição geográfica ocorrendo ao longo da floresta amazônica (Davidson, 1988; Youngsteadt *et al.*, 2010; Vicente & Izzo, 2017). Em expedições de campo realizadas entre fevereiro e maio de 2019, em uma área do sul da floresta amazônica (fazenda São Nicolau, Cotriguaçu, Mato Grosso), foram encontradas 11 clareiras com JF. Destas, seis colônias eram habitadas por *Ca. femoratus* com *Cr. levior*, duas eram habitadas por *Azteca* sp., duas por *Odontomachus mayi* Mann, 1912 com *Dolichoderus debilis* Emery, 1890 e uma colônia por *Odontomachus mayi* com *Dolichoderus decollatus* F. Smith 1858. As colônias de *Ca. femoratus* com *Cr. levior* possuíam, em média, 17 ninhos (com mínimo de três e máximo de 33), enquanto as colônias das outras espécies possuíam um a dois ninhos. As colônias de *Ca. femoratus* com *Cr. levior* foram encontradas distantes mais de 2 km das colônias de *Azteca* sp., a cerca de 50 metros das colônias das outras espécies de formigas. Essa distância entre os JF de *Ca. femoratus* com *Cr. levior* e *Azteca* sp. corrobora o encontrado por Dejean *et al.* (2018b), na Guiana Francesa, que demonstraram a ocorrência de mosaicos criados pela dominância dessas espécies. Apesar de as espécies relatadas serem encontradas sobre o mesmo JF, não há comprovações *in loco* ou relatos na literatura afirmando parabiose entre essas espécies, somente entre *Ca. femoratus* e *Cr. levior*.

### UM ANINHAMENTO DE INTERAÇÕES: O CASO DOS JF DE *Camponotus femoratus* E *Crematogaster levior*

Uma vez que os JF habitados por *Camponotus femoratus* e *Crematogaster levior* são os mais comumente encontrados na região neotropical (Davidson, 1988; Orivel & Leroy, 2011), não coincidentemente também são os mais bem conhecidos e estudados. Essa interação das formigas parabióticas com suas epífitas mutualistas é tão robusta que as epífitas mais frequentes possuem voláteis em suas sementes, facilitando o reconhecimento por sua parceira mutualista, que dispersa estas sementes

(Davidson *et al.*, 1990; Youngsteadt *et al.*, 2008, 2009, 2010). Como as epífitas de JF precisam de luz para crescer (Orivel & Leroy, 2011; Leroy *et al.*, 2017), JF destas espécies têm sido documentados principalmente em clareiras formadas por árvores caídas, margens de rios e estradas abandonadas (Davidson, 1988; Vicente *et al.*, 2014; Paolucci *et al.*, 2016; Leal *et al.*, 2017; Vicente & Izzo, 2017).

Nestes JF, *Ca. femoratus* e *Cr. levior*, além de interagirem com algumas espécies de epífitas na relação mutualista denominada de jardins de formigas, coabitam os ninhos, convivendo em parabiose, ou seja, dividem o mesmo ninho e trilhas de forrageamento (Swain, 1980; Hölldobler & Wilson, 1990). Apesar disso, não se sabe ao certo qual das duas espécies parabióticas inicia a construção dos ninhos. É possível que seja *Ca. femoratus* (Orivel & Leroy, 2011), já que ela dispersa e planta as sementes das epífitas mutualistas, além de proteger o ninho (Youngsteadt *et al.*, 2009; Vicente *et al.*, 2014). Esse padrão é muito similar com outro caso de parabiose em jardins de formigas envolvendo espécies de *Camponotus* e *Crematogaster* conhecido para Malásia (Menzel & Blüthgen, 2010; Menzel *et al.*, 2014). No caso das formigas parabióticas neotropicais, há uma tendência para a partição temporal de nicho, uma vez que *Cr. levior* forrageia mais durante o período da noite, sendo observado o contrário com *Ca. femoratus* (Vantaux *et al.*, 2007). Nossa experiência acumulada nos últimos dez anos trabalhando no sistema, e com base em dados coletados nas expedições de campo citadas anteriormente, permite-nos inferir que, em clareiras onde os JF das formigas parabióticas ocorrem, encontra-se um aglomerado de ninhos em várias fases de desenvolvimento dispersos em diferentes alturas, podendo os ninhos desses aglomerados ser vistos desde cerca de 30 cm de altura do solo até cerca de 20 m de altura com auxílio de binóculos (parecendo seguir o rebaixamento do dossel). Entre os ninhos, os iniciais podiam ser encontrados em ramificações de galhos, vilosidades de lianas, em coroas de palmeiras (a cerca de 30 cm de altura do solo), assim como em cavidades como galhos mortos, sem mudas de epífitas, onde visualmente podia ser visto apenas *Cr. levior*.





Apesar da presença de JF estar relacionada ao tamanho da clareira florestal (Vicente & Izzo, 2017), a composição de espécies de epífitas habitando os jardins de formigas em escala local é determinada pelo tipo de *habitat* e pela proximidade entre os ninhos, e não pela variação de fatores ambientais em pequenas escalas (Paolucci *et al.*, 2016; Leal *et al.*, 2017). Porém, em escala local, o número das epífitas de uma dada área aumenta consideravelmente se nessa área houver JF das formigas parabióticas, pois possuem a maior riqueza entre os JF (Céréghino *et al.*, 2011). Sabe-se que as plantas possuem alelopatia química, inibindo o crescimento de outras plantas (Mongelli *et al.*, 1997; Kremer *et al.*, 2018), e também é conhecido o fato de que formigas podem desempenhar alelopatia ecológica cortando folhas de plantas que competem com sua hospedeira (processo conhecido como “*prunning*”, de acordo com Frederickson, 2005). Há, no entanto, plantas do *pool* regional que nunca são encontradas nos jardins de formigas e não se sabe, por exemplo, se as epífitas mutualistas e as formigas agem como filtros, selecionando a composição das epífitas através de alelopatia química ou de alelopatia ecológica.

Não bastasse a diversidade de formigas e epífitas, as bromélias da espécie *Aechmea mertensii* (G. Mey.) Schult. & Schult. f. possuem a maior riqueza e abundância de protistas e insetos aquáticos em seu tanque (Céréghino *et al.*, 2011; Carrias *et al.*, 2012). Além disso, a estabilidade do sistema permitiu a existência de outros organismos na associação, por exemplo, em alguns JF de *Ca. femoratus* e *Cr. levior* pode ser encontrada uma terceira espécie de formiga, *Solenopsis picea* Emery, 1896, em um parasitismo facultativo, denominado de *lestobiose* (Davidson, 1988; Orivel *et al.*, 1997; AntWiki, 2019).

Além de promoverem a diversidade de outros organismos, as formigas parabióticas aumentam o *fitness* das plantas mutualistas, isso porque, quando comparado a outros tipos de substratos, os de jardins de formigas, especialmente os de *Ca. femoratus* e *Cr. levior*, são mais ricos em nutrientes essenciais para o

crescimento vegetativo e a reprodução das epífitas (Blüthgen *et al.*, 2001). Estas formigas são, ainda, responsáveis pela manutenção dos substratos, tanto que a ausência delas pode acarretar a perda de substrato e de epífitas (Schmit-Neuerburg & Blüthgen, 2007). Esse incremento de minerais não se resume ao substrato, pois bromélias que funcionam como tanques de JF recebem maior *input* de nitrogênio, trazendo maior benefício para a planta (Leroy *et al.*, 2011). Os benefícios são tão evidentes que as bromélias que nascem nos JF das formigas parabióticas possuem cerca de quatro vezes mais flores e frutos, e estes últimos possuem cerca de uma vez e meia mais sementes e biomassa (Leroy *et al.*, 2011). Portanto, os JF das formigas parabióticas podem ser considerados um aninhamento de interações.

#### UM OLHAR PARA ALÉM DOS JARDINS: NEM TUDO SÃO FLORES

No caso dos JF das formigas parabióticas, há dominância numérica e comportamental de *Ca. femoratus* apresentando comportamento agressivo na monopolização de recursos e na defesa do ninho (Davidson, 1988; Vasconcelos *et al.*, 2003; Mertl *et al.*, 2010; Vicente *et al.*, 2014). Esta espécie chamou a atenção do proeminente biólogo Edward Wilson, que a categorizou como uma das formigas mais agressivas do mundo (Wilson, 1987). É sugerido que *Cr. levior* perdeu sua defesa química em detrimento da defesa ofertada pela sua parceira parabiótica (Longino, 2003). Como, além de agressivas, estas espécies são frequentemente amostradas forrageando do solo até o dossel das florestas (Wilson, 1987; Dejean *et al.*, 2007, 2018b, 2019; Ryder Wilkie *et al.*, 2010; Vicente & Izzo, 2017), é necessário saber a amplitude da dominância dentro e para além da clareira onde ocorrem. Os JF desta espécie ocorrem em clareiras ao longo da Amazônia, e tudo indica que esta espécie pode influenciar processos ecossistêmicos, com práticas como herbivoria, polinização, dispersão de sementes, podendo alterar o processo sucessional de clareiras ao longo dessa floresta.

## CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS DE PESQUISAS FUTURAS

Como discutido neste texto, os jardins de formigas são interações robustas ao longo de sua ocorrência, e envolvem todos os tipos de interações mutualísticas entre formigas e plantas conhecidas em um único sistema. Entre os JF, os de *Camponotus femoratus* e *Crematogaster levior* parecem ser os mais complexos, além de possuírem a maior diversidade de interatores. Por serem dominantes agressivamente, numericamente e com frequência ativas, e também por ocorrerem em *habitats* temporários, em constante processo sucessional, essas espécies podem ser responsáveis por impactos em processos ecossistêmicos e por mosaicos coevolutivos ao longo de sua distribuição. Apesar da grandeza deste sistema, os estudos ainda são poucos, sendo a maioria breve e isolada geograficamente. Por estes motivos, futuros estudos devem investigar fatores que determinam a ocorrência local; o que promove a diversidade de interatores; o quão abrangente é o efeito desta interação tanto em questões de força modeladora da comunidade e processos ambientais, quanto em espaço de abrangência, considerando-se possíveis variações ao longo de sua ampla ocorrência.

## AGRADECIMENTOS

REV agradece fortemente a ONF-Brasil, aos funcionários da fazenda São Nicolau, ao Núcleo de Estudos da Biodiversidade da Amazônia Mato-grossense (NEBAM) e a Domingos de Jesus, pelo suporte logístico. REV também agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelas bolsas durante a pós-graduação, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelos suportes financeiros à pesquisas (processo nº 479243/2012-3), e, atualmente, à Fundação de Amparo à Pesquisa de Mato Grosso (FAPEMAT – nº 0602346/2017), conjuntamente ao CNPq (nº 313839/2019-0), pelo financiamento do projeto de Desenvolvimento Científico Regional (DCR-003/2016), bem como à Universidade Estadual de Mato Grosso

(UNEMAT), pelo suporte às pesquisas atuais. TJJ agradece à Bolsa de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 2 (309552/2018-4).

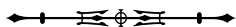
## REFERÊNCIAS

- ANTWIKI, 2019. *Solenopsis picea*. Disponível em: [https://antwiki.org/wiki/Solenopsis\\_picea](https://antwiki.org/wiki/Solenopsis_picea). Acesso em: 24 novembro 2019.
- BACCARO, F. B., R. M. FEITOSA, F. FERNÁNDEZ, I. O. FERNANDES, T. J. IZZO, J. L. P. SOUZA & R. SOLAR, 2015. **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**: 1-355. Editora INPA, Manaus.
- BLÜTHGEN, N., V. SCHMIT-NEUERBURG, S. ENGWALD & W. BARTHLOTT, 2001. Ants as epiphyte gardeners: comparing the nutrient quality of ant and termite canopy substrates in a Venezuelan lowland rain forest. **Journal of Tropical Ecology** 17(6): 887-894. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0266467401001651>.
- BOLTON, B., 2019. **An online catalog of the ants of the world**. Disponível em: <http://antcat.org>. Acesso em: 24 novembro 2019.
- BRONSTEIN, J. L., 2001. The exploitation of mutualisms. **Ecology Letters** 4(3): 277-287. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2001.00218.x>.
- CARRIAS, J. F., O. BROUARD, C. LEROY, R. CÉRÉGHINO, L. PÉLOZUELO, A. DEJEAN & B. CORBARA, 2012. An ant-plant mutualism induces shifts in the protist community structure of a tank-bromeliad. **Basic and Applied Ecology** 13(8): 698-705. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.baae.2012.10.002>.
- CERDÁ, X. & A. DEJEAN, 2011. Predation by ants on arthropods and other animals. In: C. POLIDORI (Ed.): **Predation in the Hymenoptera: an evolutionary perspective**: 39-78. Transworld Research Network, Kerala, India.
- CÉRÉGHINO, R., C. LEROY, J. F. CARRIAS, L. PELOZUELO, C. SÉGURA, C. BOSC, A. DEJEAN & B. CORBARA, 2011. Ant-plant mutualisms promote functional diversity in phytotelm communities. **Functional Ecology** 25(5): 954-963. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2011.01863.x>.
- DAROCHA, W. D., F. S. NEVES, W. DÁTILLO & J. H. DELABIE, 2016. Epiphytic bromeliads as key components for maintenance of ant diversity and ant-bromeliad interactions in agroforestry system canopies. **Forest Ecology and Management** 372: 128-136. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.04.011>.
- DÁTILLO, W., E. C. MARQUES, J. C. F. FALCÃO & D. D. O. MOREIRA, 2009. Interações mutualísticas entre formigas e plantas. **EntomoBrasilis** 2(2): 32-36.
- DÁTILLO, W., V. RICO-GRAY, D. J. RODRIGUES & T. J. IZZO, 2013. Soil and vegetation features determine the nested pattern of ant-plant networks in a tropical rainforest. **Ecological Entomology** 38(4): 374-380. DOI: <https://doi.org/10.1111/een.12029>.

- DAVIDSON, D. W., 1988. Ecological studies of neotropical ant-gardens. **Ecology** 69(4): 1138-1152. DOI: <https://doi.org/10.2307/1941268>.
- DAVIDSON, D. W., J. L. SEIDEL & W. EPSTEIN, 1990. Neotropical ant gardens II: bioassays of seed compounds. **Journal of Chemical Ecology** 16(2): 2993-3013. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00979490>.
- DEJEAN, A. & I. OLMSTED, 1997. Ecological studies on *Aechmea bracteata* (Swartz) (Bromeliaceae). **Journal of Natural History** 31(9): 1313-1334. DOI: <https://doi.org/10.1080/00222939700770741>.
- DEJEAN, A., B. CORBARA, J. ORIVEL & M. LEPONCE, 2007. Rainforest canopy ants: the implications of territoriality and predatory behavior. **Functional Ecosystems and Communities** 1(2): 105-120.
- DEJEAN, A., F. AZÉMAR, F. PETITCLERC, J. H. DELABIE, B. CORBARA, C. LEROY, R. CÉRÉGHINO & A. COMPIN, 2018a. Highly modular pattern in ant-plant interactions involving specialized and non-specialized myrmecophytes. **The Science of Nature** 105(7-8): 43. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00114-018-1570-0>.
- DEJEAN, A., J. ORIVEL, M. LEPONCE, A. COMPIN, J. H. DELABIE, F. AZÉMAR & B. CORBARA, 2018b. Ant-plant relationships in the canopy of an Amazonian rainforest: the presence of an ant mosaic. **Biological Journal of the Linnean Society** 125(2): 344-354. DOI: <https://doi.org/10.1093/BIOLINNEAN/BLY125>.
- DEJEAN, A., A. COMPIN, J. H. DELABIE, F. AZÉMAR, B. CORBARA & M. LEPONCE, 2019. Biotic and abiotic determinants of the formation of ant mosaics in primary Neotropical rainforests. **Ecological Entomology** 44(4): 560-570. DOI: <https://doi.org/10.1111/een.12735>.
- DEL-CLARO, K., V. RICO-GRAY, H. M. TOREZAN-SILINGARDI, E. ALVES-SILVA, R. FAGUNDES, D. LANGE, W. DÁTILLO, A. A. VILELA, A. AGUIRE & D. RODRIGUEZ-MORALES, 2016. Loss and gains in ant-plant interactions mediated by extrafloral nectar: fidelity, cheats, and lies. **Insectes Sociaux** 63(2): 207-221. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-016-0466-2>.
- FITTKAU, E. J. & H. KLINGE, 1973. On biomass and trophic structure of the Central Amazonian rain forest ecosystem. **Biotropica** 5(1): 2-14. DOI: <https://doi.org/10.2307/2989676>.
- FOLGARAIT, P. J., 1998. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. **Biodiversity & Conservation** 7: 1221-1244. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1008891901953>.
- FREDERICKSON, M. E., 2005. Ant species confer different partner benefits on two neotropical myrmecophytes. **Oecologia** 143(3): 387-395. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1817-7>.
- GALLEGO-ROPERO, M. C., R. M. FEITOSA & J. R. PUJOL-LUZ, 2013. Formigas (Hymenoptera, Formicidae) associadas a ninhos de *Cornitermes cumulans* Kollar (Isoptera, Termitidae) no Cerrado do Planalto Central do Brasil. **EntomoBrasilis** 6(1): 97-101. DOI: <https://doi.org/10.12741/ebrazilis.v6i1.283>.
- GALLEGO-ROPERO, M. C. & R. M. FEITOSA, 2014. Evidences of batesian mimicry and parabiosis in ants of the Brazilian Savanna. **Sociobiology** 61(3): 281-285. DOI: <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i3.281-285>.
- HEIL, M., 2015. Extrafloral nectar at the plant-insect interface: a spotlight on chemical ecology, phenotypic plasticity, and food webs. **Annual Review of Entomology** 60: 213-232. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010814-020753>.
- HOEKSEMA, J. D. & E. M. BRUNA, 2000. Pursuing the big questions about interspecific mutualism: a review of theoretical approaches. **Oecologia** 125(3): 321-330. DOI: <https://doi.org/10.1007/s004420000496>.
- HÖLLDOBLER, B. & E. O. WILSON, 1990. **The ants**: 1-732. Springer, Berlin.
- IZZO, T. J. & H. L. VASCONCELOS, 2002. Cheating the cheater: domatia loss minimizes the effects of ant castration in an Amazonian ant-plant. **Oecologia** 133(2): 200-205. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-002-1027-0>.
- IZZO, T. J. & A. BENELLI-PETINI, 2011. Relação entre diferentes espécies de formigas e a mirmecófito *Cordia nodosa* Lamarck (Boraginaceae) em áreas de mata ripária na Amazônia matogrossense. **Acta Amazonica** 41(3): 355-360. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672011000300004>.
- KAMINSKI, L. A., S. F. SENDOYA, A. V. FREITAS & P. S. OLIVEIRA, 2009. Ecologia comportamental na interface formiga-planta-herbívoro: interações entre formigas e lepidópteros. **Oecologia Brasiliensis** 13(1): 27-44. DOI: <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2009.1301.03>.
- KAUFMANN, E., A. WEISSFLOG, R. HASHIM & U. MASCHWITZ, 2001. Ant-gardens on the giant bamboo *Gigantochloa scortechinii* (Poaceae) in West-Malaysia. **Insectes Sociaux** 48(2): 125-133. DOI: <https://doi.org/10.1007/PL00001754>.
- KAUFMANN, E. & U. MASCHWITZ, 2006. Ant-gardens of tropical Asian rainforests. **Naturwissenschaften** 93(5): 216. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00114-005-0081-y>.
- KLEINFELDT, S. E., 1978. Ant-gardens: the interaction of *Codonanthe crassifolia* (Gesneriaceae) and *Crematogaster longispina* (Formicidae). **Ecology** 59(3): 449-456. DOI: <https://doi.org/10.2307/1936574>.
- KREMER, T. C. B., O. M. YAMASHITA, I. V. SILVA, A. C. BATISTÃO, M. P. PEREIRA, M. A. C. CARVALHO & A. M. ROCHA, 2018. Allelopathic influence of aqueous extract of *Stachytarpheta cayennensis* (Rich.) Vahl on seed germination and initial seedling growth of *Cucumis sativus* L. **International Journal of Plant & Soil Science** 26(3): 1-11. DOI: <https://doi.org/10.9734/IJPS/2018/46525>.



- LANGE, D., W. DATTILO & K. DEL-CLARO, 2013. Influence of extrafloral nectary phenology on ant-plant mutualistic networks in a neotropical savanna. **Ecological Entomology** 38(5): 463-469. DOI: <https://doi.org/10.1111/een.12036>.
- LEAL, L. C., C. C. JACOVAK, P. E. D. BOBROWIEC, J. L. C. CAMARGO & P. E. C. PEIXOTO, 2017. The role of parabiotic ants and environment on epiphyte composition and protection in ant gardens. **Sociobiology** 64(3): 276-283. DOI: <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v64i3.1219>.
- LEROY, C., B. CORBARA, L. PÉLOZUELO, J. F. CARRIAS, A. DEJEAN & R. CÉRÉGHINO, 2011. Ant species identity mediates reproductive traits and allocation in an ant-garden bromeliad. **Annals of Botany** 109(1): 145-152. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcr253>.
- LEROY, C., F. PETITCLERC, J. ORIVEL, B. CORBARA, J. F. CARRIAS, A. DEJEAN & R. CÉRÉGHINO, 2017. The influence of light, substrate and seed origin on the germination and establishment of an ant-garden bromeliad. **Plant Biology** 19(1): 70-78. DOI: <https://doi.org/10.1111/plb.12452>.
- LONGINO, J. T., 2003. The *Crematogaster* (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) of Costa Rica. **Zootaxa** 151(1): 1-150. DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.151.1.1>.
- MENZEL, F. & N. BLÜTHGEN, 2010. Parabiotic associations between tropical ants: equal partnership or parasitic exploitation? **Journal of Animal Ecology** 79(1): 71-81. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2009.01628.x>.
- MENZEL, F., H. KRIESEL & V. WITTE, 2014. Parabiotic ants: the costs and benefits of symbiosis. **Ecological Entomology** 39(4): 436-444. DOI: <https://doi.org/10.1111/een.12116>.
- MERTL, A. L., M. D. SORENSON & J. F. A. TRANIELLO, 2010. Community-level interactions and functional ecology of major workers in the hyperdiverse ground-foraging *Pheidole* (Hymenoptera, Formicidae) of Amazonian Ecuador. **Insectes Sociaux** 57(4): 441-452. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-010-0102-5>.
- MEYER, S. T., I. R. LEAL, M. TABARELLI & R. WIRTH, 2011. Ecosystem engineering by leaf-cutting ants: nests of *Atta cephalotes* drastically alter forest structure and microclimate. **Ecological Entomology** 36(1): 14-24. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2010.01241.x>.
- MICHELANGELI, F. A., 2010. Neotropical myrmecophilous Melastomataceae: an annotated list and key. **Proceedings of the California Academy of Sciences** 61(9): 409-449.
- MONGELLI, E., C. DESMARCHÉLIER, J. COUSSIO & G. CICCIA, 1997. The potential effects of allelopathic mechanisms on plant species diversity and distribution determined by the wheat rootlet growth inhibition bioassay in South American plants. **Revista Chilena de Historia Natural** 70: 83-89.
- MORALES-LINARES, J., J. G. GARCÍA-FRANCO, A. FLORES-PALACIOS, J. E. VALENZUELA-GONZÁLEZ, M. MATA-ROSAS & C. DÍAZ-CASTELAZO, 2018. Orchid seed removal by ants in Neotropical ant-gardens. **Plant Biology** 20(3): 525-530. DOI: <https://doi.org/10.1111/plb.12715>.
- MUELLER, U. G., H. D. ISHAK, S. M. BRUSCHI, C. C. SMITH, J. J. HERMAN, S. E. SOLOMON, A. S. MIKHEYEV, C. RABELING, J. J. SCOTT, M. COOPER, A. RODRIGUES, A. ORTIZ, C. R. F. BRANDÃO, J. E. LATTKE, F. C. PAGNOCCA, S. A. REHNER, T. R. SCHULTZ, H. L. VASCONCELOS, R. M. M. ADAMS, M. BOLLAZZI, R. M. CLARK, A. G. HIMLER, J. S. LAPOLLA, I. R. LEAL, R. A. JOHNSON, F. ROCESS, J. SOSA-CALVO, R. WIRTH & M. BACCI JR., 2017. Biogeography of mutualistic fungi cultivated by leafcutter ants. **Molecular Ecology** 26(24): 6921-6937. DOI: <https://doi.org/10.1111/mec.14431>.
- NEPEL, M., H. VOGLMAYR, R. BLATRIX, J. T. LONGINO, K. FIEDLER, J. SCHÖNENBERGER & V. E. MAYER, 2016. Ant-cultivated *Chaetothyriales* in hollow stems of myrmecophytic *Cecropia* sp. trees – diversity and patterns. **Fungal Ecology** 23: 131-140. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2016.07.007>.
- ORIVEL, J., C. ERRARD & A. DEJEAN, 1997. Ant gardens: interspecific recognition in parabiotic ant species. **Behavioral Ecology and Sociobiology** 40(2): 87-93. DOI: <https://doi.org/10.1007/s002650050319>.
- ORIVEL, J. & C. LEROY, 2011. The diversity and ecology of ant gardens (Hymenoptera: Formicidae; Spermatophyta: Angiospermae). **Mymecological News** 14: 73-85.
- PAOLUCCI, L. N., R. R. SOLAR & L. C. LEAL, 2016. Proximity shapes similarity in epiphytic composition of Neotropical ant gardens. **Journal of Tropical Ecology** 32(4): 325-329. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0266467416000298>.
- PUKER, A., C. S. ROSA, J. OROZCO, R. R. SOLAR & R. M. FEITOSA, 2015. Insights on the association of American Cetoniinae beetles with ants. **Entomological Science** 18(1): 21-30. DOI: <https://doi.org/10.1111/ens.12085>.
- RABELING, C., S. MESSER, S. LACAU, I. C. NASCIMENTO, M. BACCI & J. H. C. DELABIE, 2019. *Acromyrmex fowleri*: a new inquiline social parasite species of leaf-cutting ants from South America, with a discussion of social parasite biogeography in the Neotropical region. **Insectes Sociaux** 66(3): 435-451. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-019-00705-z>.
- RYDER WILKIE, K. T., A. L. MERTL & J. F. TRANIELLO, 2010. Species diversity and distribution patterns of the ants of Amazonian Ecuador. **PLoS One** 5(10): e13146. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0013146>.
- SANDERS, J. G., S. POWELL, D. J. KRONAUER, H. L. VASCONCELOS, M. E. FREDERICKSON & N. E. PIERCE, 2014. Stability and phylogenetic correlation in gut microbiota: lessons from ants and apes. **Molecular Ecology** 23(6): 1268-1283. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/mec.12611>.



- SANTOS-SILVA, L., R. E. VICENTE & R. M. FEITOSA, 2016. Ant species (Hymenoptera, Formicidae) of forest fragments and urban areas in a Meridional Amazonian landscape. **Check List** 12(3): 1-7. DOI: <https://doi.org/10.15560/12.3.1885>.
- SCHMIT-NEUERBURG, V. & N. BLÜTHGEN, 2007. Ant-garden epiphytes are protected against drought in a Venezuelan lowland rain forest. **Ecotropica** 13(2): 93-100.
- SWAIN, R. B., 1980. Trophic competition among parabiotic ants. **Insectes Sociaux** 27(4): 377-390. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02223730>.
- VANTAUX, A., A. DEJEAN, A. DOR & J. ORIVEL, 2007. Parasitism versus mutualism in the ant-garden parabiosis between *Camponotus femoratus* and *Crematogaster levior*. **Insectes Sociaux** 54(1): 95-99. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-007-0914-0>.
- VASCONCELOS, H. L., A. C. MACEDO & J. M. VILHENA, 2003. Influence of topography on the distribution of ground-dwelling ants in an Amazonian forest. **Studies on Neotropical Fauna and Environment** 38(2): 115-124. DOI: <https://doi.org/10.1076/snfe.38.2.115.15923>.
- VICENTE, R. E., W. DÁTILLO & T. J. IZZO, 2014. Differential recruitment of *Camponotus femoratus* (Fabricius) ants in response to ant garden herbivory. **Neotropical Entomology** 43(6): 519-525. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-014-0245-6>.
- VICENTE, R. E., L. P. PRADO & T. J. IZZO, 2016. Amazon rainforest ant-fauna of Parque Estadual do Cristalino: understory and ground-dwelling Ants. **Sociobiology** 63(3): 894-908. DOI: <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v63i3.1043>.
- VICENTE, R. E. & T. J. IZZO, 2017. Defining habitat use by the parabiotic ants *Camponotus femoratus* (Fabricius, 1804) and *Crematogaster levior* Longino, 2003. **Sociobiology** 64(4): 373-380. DOI: <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v64i4.1228>.
- WEISSFLOG, A., E. KAUFMANN & U. MASCHWITZ, 2017. Ant gardens of *Camponotus (Myrmotarsus) irritabilis* (Hymenoptera: Formicidae: Formicinae) and *Hoya elliptica* (Apocynaceae) in Southeast Asia. **Asian Myrmecology** 9: e009001. DOI: <https://doi.org/10.20362/am.009001>.
- WILSON, E. O., 1987. The arboreal ant fauna of Peruvian Amazon forests: a first assessment. **Biotropica** 19(3): 245-251. DOI: <https://doi.org/10.2307/2388342>.
- YOUNGSTEADT, E., S. NOJIMA, C. HÄBERLEIN, S. SCHULZ & C. SCHAL, 2008. Seed odor mediates an obligate ant-plant mutualism in Amazonian rainforests. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** 105(12): 4571-4575. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0708643105>.
- YOUNGSTEADT, E., J. A. BACA, J. OSBORNE & C. SCHAL, 2009. Species-specific seed dispersal in an obligate ant-plant mutualism. **PLoS One** 4(2): e4335. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0004335>.
- YOUNGSTEADT, E., P. G. BUSTIOS & C. SCHAL, 2010. Divergent chemical cues elicit seed collecting by ants in an obligate multi-species mutualism in lowland Amazonia. **PLoS One** 5(12): e15822. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0015822>.
- YU, D. W., 1994. The structural role of epiphytes in ant gardens. **Biotropica** 26(2): 222-226. DOI: <https://doi.org/10.2307/2388813>.
- ZOTZ, G., 2013. The systematic distribution of vascular epiphytes – a critical update. **Botanical Journal of the Linnean Society** 171(3): 453-481. DOI: <https://doi.org/10.1111/boj.12010>.





# Diversity and structure preferences for ant-hemipteran mutualisms in cocoa trees (*Theobroma cacao* L., Sterculiaceae)

## Diversidade e preferências estruturais para o mutualismo entre formigas e hemípteros em cacauzeiros (*Theobroma cacao* L., Sterculiaceae)

Elmo B. A. Koch<sup>I</sup>  | Thamy E. D. Marques<sup>I</sup>  | Cléa S. F. Mariano<sup>II</sup>  | Esperidião A. S. Neto<sup>I,II</sup>  |  
Alexandre Arnhold<sup>I,III</sup>  | Ana L. B. G. Peronti<sup>IV</sup>  | Jacques H. C. Delabie<sup>I,II</sup> 

<sup>I</sup>Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, Ilhéus, Bahia, Brasil

<sup>II</sup>Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, Brasil

<sup>III</sup>Universidade Federal do Sul da Bahia, Ilhéus, Bahia, Brasil

<sup>IV</sup>Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, São Paulo, Brasil

**Abstract:** The aim of this study is to evaluate the diversity and specificity of ant-hemipteran mutualisms according to the different structures observed on cocoa trees. The experiment was carried out in two cocoa planting systems: *cabruca* and *derruba total* at Ilhéus, Brazil. We made observations and collected monthly over one year the mutualistic ants and hemipterans that occurred on *Theobroma cacao* L. trees. Observations were performed on cacao trees at three distinct sites of the plant: flowers, pods and leaf flush. We observed 932 ant-hemipteran associations, comprising 203 different mutualistic interactions. The assemblage was composed of 26 hemipteran species and 54 ant species. No differences were observed in the ant community, however, we found differences in the hemipteran community according to the different structure evaluated. We recorded a total of 404 trophobiosis events on pods, 394 on leaf flushes and 134 on flowers. Our results point out the diversity of ant-hemipteran trophobioses in the cocoa agrosystems resembles the diversity found in tropical forests and demonstrate that the location of interactions may result in ecological restrictions for some organisms involved in these trophobioses in cacao agrosystems.

**Keywords:** Formicidae. Hemiptera. Trophobioses. *Theobroma cacao*. Insect-insect relationships.

**Resumo:** O objetivo deste estudo foi avaliar a diversidade e a especificidade dos mutualismos formigas-hemípteros, de acordo com as diferentes estruturas observadas nas árvores de cacau. O experimento foi realizado em dois sistemas de plantio de cacau: 'cabruca' e 'derruba total', em Ilhéus, Brasil. Fizemos observações e coletamos mensalmente, ao longo de um ano, as formigas e os hemípteros em interações mutualísticas em árvores de *Theobroma cacao* L. As observações foram realizadas em três locais distintos da planta: flores, frutos e lançamentos. Observamos 932 associações entre formigas-hemípteros, compreendendo 203 diferentes interações mutualísticas. Registramos 26 espécies de hemípteros e 54 de formigas. Não observamos diferenças na comunidade de formigas, no entanto, observamos diferença para a comunidade de hemípteros, de acordo com as diferentes estruturas avaliadas. Registramos total de 404 eventos de trofobiose em frutos, 394 em lançamentos e 134 em flores. Nossos resultados apontam que a diversidade de trofobioses nos agrossistemas cacauzeiros se assemelha à diversidade encontrada em florestas tropicais, demonstrando que a localização das interações pode resultar em restrições ecológicas para alguns organismos envolvidos nessas trofobioses nos agrossistemas cacauzeiros estudados.

**Palavras-chave:** Formicidae. Hemiptera. Trofobioses. *Theobroma cacao*. Relações inseto-inseto.

---

KOCH, E. B. A., T. E. D. MARQUES, C. S. F. MARIANO, E. A. S. NETO, A. ARNHOLD, A. L. B. G. PERONTI & J. H. C. DELABIE, 2020. Diversity and structure preferences for ant-hemipteran mutualisms in cocoa trees (*Theobroma cacao* L., Sterculiaceae). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(1): 65-81. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.251>.

Autor para correspondência: Elmo B. A. Koch. Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. Laboratório de Mirmecologia. Rodovia Ilhéus-Itabuna, km 22. Ilhéus, BA, Brasil. CEP 45600-970 (elmoborges@gmail.com).

Recebido em 22/12/2019

Aprovado em 20/02/2020

Responsabilidade editorial: Rony Peterson Santos Almeida



## INTRODUCTION

Mutualistic interactions between ants and hemipteran are classified as trophobioses (the relationship in which one species feeds on the other's excretions while provides protection) and are observed in a wide range of host plants and environments, both in natural and agricultural ecosystems (Delabie, 2001; Rico-Gray & Oliveira, 2007). These interactions have been widely studied (Way, 1963; Buckley, 1987; Rico-Gray & Oliveira, 2007; Stadler & Dixon, 2008; Canedo-Júnior *et al.*, 2019; Marques *et al.*, 2018), and most of them are facultative (Rico-Gray & Oliveira, 2007). Ants feed on the excretion of hemipterans, an important sugary resource called honeydew (Way, 1963; Delabie, 2001). This corresponds to the host plant sap metabolized in the digestive tract of the hemipteran partner (Buckley, 1987). The 'honeydew' is a relatively predictable resource and composed of essential nutrients such as amino acids and carbohydrates and, therefore, can sustain high diversity and biomass of arboreal ants (Blüthgen *et al.*, 2000). In contrast, hemipterans are protected from their natural enemies by ants (Way, 1963; Buckley, 1987). In addition, ants remove excess honeydew to prevent fumagine and help hemipterans to disperse on new host plants (Fowler *et al.*, 1991; Delabie *et al.*, 1994). Thus, the ants indirectly contribute to increase the abundance and distribution of hemipterans to get 'honeydew'.

Ant trophobioses usually involve certain costs, such as physiological and developmental constraints, as well as benefits for trophobionts, such as enemy clearance and greater reproductive success (Stadler & Dixon, 2008; Hölldobler & Wilson, 1990). The outcome of different interspecific associations may vary according to the ecological context in which species are involved (Bronstein, 1994; Del-Claro & Oliveira, 2000; Rico-Gray & Oliveira, 2007). Understanding how these conditionality factors – that is, which may influence and thus condition the outcome of mutualistic interactions – has been the goal and challenge of many studies (Cushman & Whitham, 1989; Bronstein, 1994; Chamberlain *et al.*, 2014; Koch *et al.*, 2016).

Studies have pointed ant-hemipteran associations to be beneficial to the plant (Eubanks & Styrsky, 2006; Styrsky & Eubanks, 2006). Ants that participate in this type of interactions may be effective for biological control in agricultural systems (Khoo & Ho, 1992; Vandermeer *et al.*, 2002; Eubanks & Styrsky, 2006; Perfecto & Vandermeer, 2006; Jha *et al.*, 2012), since, while defending the source of honeydew, they may reduce the activity of other allegedly harmful herbivores thus contributing for the 'fitness' of the host plants (Vandermeer *et al.*, 2002). In contrast, at high densities, associated ants can also potentiate the deleterious effects of hemipterans such as reducing growth, flowering and fruiting of host plants (Buckley, 1987).

Tropical perennial crops, such as cacao tree (*Theobroma cacao* L., Malvaceae), exemplify agricultural systems in which there is a wide and complex range of interactions between ants and hemipteran (Delabie, 2001; Delabie *et al.*, 2007). As in other ecosystems, the distribution of ants and hemipteran in the cocoa agrosystem may not be random, as ants may associate with hemipteran that produce better quality and larger amounts of honeydew (Bristow, 1991) and hemipterans can be found on specific host plants or parts of them (Cushman & Addicott, 1991). In general, the interactions described can be observed on the stem or the body of flowers and pods, or during cacao leaf flush (Bondar, 1939). The aim of this study was to evaluate the diversity and specificity of ant-hemipteran mutualistic interactions according to the structures of the cocoa trees.

## MATERIAL AND METHODS

### STUDY AREA

The study was carried out in two different cocoa planting systems (*Theobroma cacao* L., Malvaceae): *cabruca* and *derruba total* (Schroth *et al.*, 2011) at Ilhéus, Brazil. In the *cabruca* system, the forest understory is removed for the implantation of cacao trees, and the planting area is shaded by native Atlantic Forest trees. In this system were

studied three areas, located (one in each) on the farms: São Francisco (14° 45' 04" S; 39° 13' 11" W), Primavera (14° 47' 34" S; 39° 12' 44" W) and Nossa Senhora da Vitória (14° 45' 55" S; 39° 12' 07" W). The distance between the areas was at least two kilometers. In the *derruba total* system, the three studied areas have monospecific shading, generally by species of *Erythrina* sp. (Leguminosae) and the cocoa trees are planted at intervals of three meters. In this system can also be found some fruit trees such as jackfruit (*Artocarpus integrifolia* L. f., Moraceae). The three areas studied in this system are located in the experimental areas of the Cocoa Research Center (CEPLAC) (headquarters: 14° 45' S; 39° 13' W). The distance between the areas was up to 600 meters.

#### SAMPLING OF ANT-HEMIPTERAN INTERACTIONS

We chose randomly three plots of 50 x 25 m per site, totaling six study areas. The number of trees per plot ranged from 116 to 163. We made observations monthly throughout 2014, and collected the ant and hemipteran species that occurred in mutualistic interactions on all *T. cacao* trees within the plots. Observations in each cacao tree were performed for five minutes on each following structure: flowers, pods and leaf flush, where these interactions are observed more frequently (Figure 1).

#### SPECIES IDENTIFICATION

The ant specimens were identified in species or morphospecies level by comparison with the reference collection of the Laboratory of Myrmecology at CEPEC/CEPLAC. Hemipteran specimens were identified to species or genus level by experts (Dr. Ana Lúcia Benfatti Gonzalez Peronti and Dr. Olivia Evangelista). However, in many cases, especially when dealing with immatures, specimens of the Membracidae family could not be identified up to species or genus level and were therefore put together into the 'Membracidae group' for data analysis.

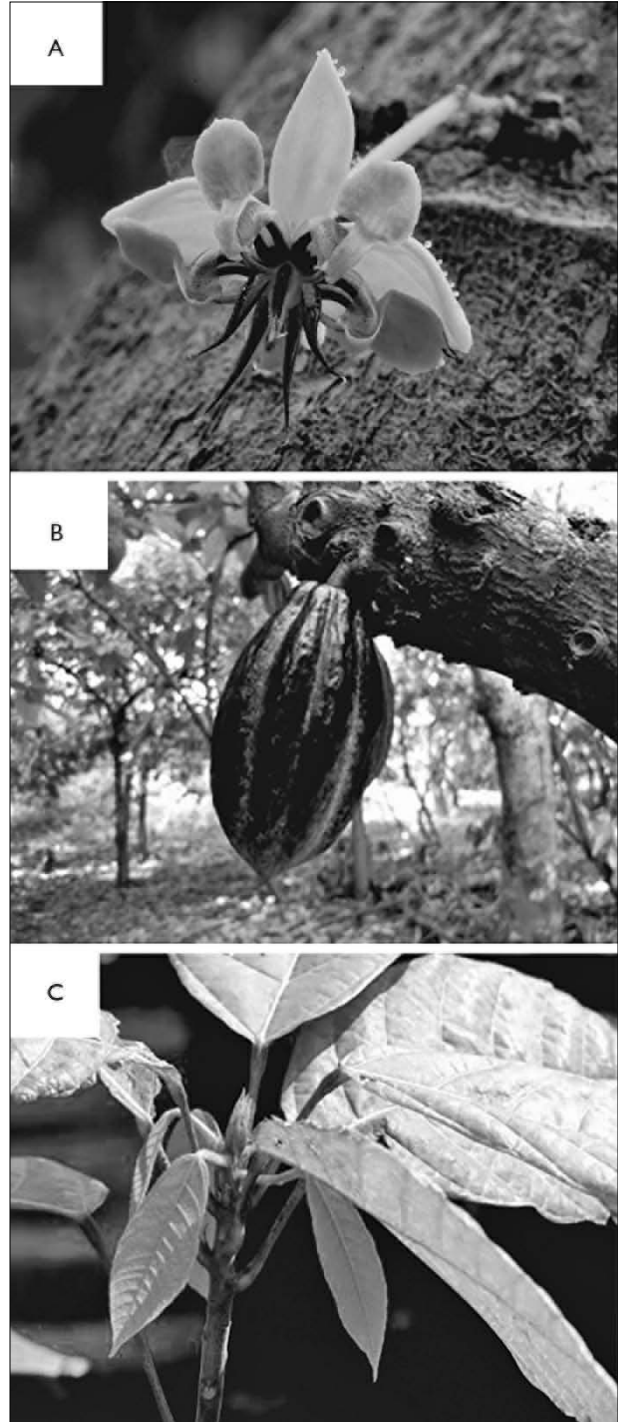


Figure 1. Representative figures of the different structures where mutualistic interactions between ants and hemiptera were observed in *Theobroma cacao* L. (Malvaceae): A) flowers; B) pod; C) leaf flush. Photos: Elmo B. A. Koch (2018).

## DATA ANALYSIS

There was no separation of species and interactions between environments for data analysis, since the purpose of the study was to obtain a general overview of interactions and occurrence sites in the agrosystems. To check the number and diversity of interactions between different species as well as the occurrence ratios of interactions as well the local observed in the plant a matrix of the records of the observed interactions was built.

We used the Shannon-Weaner diversity index ( $H'$ ) and Jaccard and Bray-Curtis similarity indexes, respectively, to compare the interactions between hemipteran and ants, regarding diversity and similarity, according to the structure observed on the plant (flower, pod and leaf flush). We used one-way ANOVAs to test the differences in mean values of ant richness, hemipterans richness and trophobioses richness – pairs of interacting species according to the structure observed on the plant (flower, pod and leaf flush), followed by Tukey's post hoc test. To assess the specificity of mutualistic ant-hemipteran interactions according to the structures of the cocoa trees, we performed a Permutational Multivariate Analysis of Variance (PERMANOVA, Anderson, 2001). In this analysis, the frequency of occurrence of each interaction per plot was the response variable, while the predictor variable was the structure of the occurrence (flowers, pods and leaf flush). Statistical significance was obtained by comparisons with a null model (4,999 permutations of the original matrix). All analyzes were performed using R v. 3.5.0 (R Development Core Team, 2018) using vegan 2.3–4 package (Oksanen *et al.*, 2015).

## RESULTS

### HEMIPTERAN AND ANT SPECIES ASSOCIATED WITH *Theobroma cacao*

We observed 932 mutualistic interaction records of hemipterans and ants on *Theobroma cacao*, comprising 203 different types of interactions. The hemipteran assemblage

interacting with ants was composed of 26 species belonging to four families (Aphididae, Coccidae, Membracidae and Pseudococcidae). In turn, the ants belonged to 54 species in 16 genera and six subfamilies (Appendix). The commonest interactions in the whole study were between the hemipterans *Horiola picta* (Coquebert, 1801), *Anobilia* sp.1, *Planococcus minor* (Maskell, 1897) and *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe, 1841) and the ants *Dolichoderus bispinosus* (Olivier, 1792), *Dolichoderus bidens* (Linnaeus, 1758), *Azteca chartifex spiriti* Forel, 1912, *Solenopsis geminata* (Fabricius, 1804), *Ectatomma tuberculatum* (Olivier, 1792) and *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863) (Appendix).

We found a total of 12 species of hemipterans on flowers, 24 on pods and 23 on leaf flush. The Membracidae *Neotynelia nigra* (Funkhouser, 1940) was found exclusively on leaf flush, while *Fulgoromorpha* sp. and *Nipaecoccus* sp. (Membracidae) occurred only on pods. None hemipteran was exclusive to the flowers (Appendix).

We found a total of 28 ant species on flowers, 34 on pods and 45 on leaf flush. We recorded three species occurring exclusively on the flower: *Camponotus textor* Forel, 1899, *Nylanderia fulva* (Mayr, 1862) and *Nylanderia* sp.2; four on pods: *Azteca paraensis bondari* Forel, 1904, *Crematogaster* sp.3, *Pheidole* sp.1 (group Fallax) and *Tetramorium simillimum* Smith, 1851. Among the whole 54 ant species observed, 15 (27.8%) occurred exclusively on leaf flush (Appendix). Among these stands out the most species of the genus *Pheidole* ( $n = 5$ ), in addition to a single species of *Brachymyrmex* – *Brachymyrmex admotus* Mayr, 1887 – and *Pseudomyrmex* – *Pseudomyrmex gracilis* (Fabricius, 1804).

We found, on average, a greater ant richness on leaf flushes (mean  $\pm$  SD:  $13.33 \pm 4.22$ ), followed by pods ( $12 \pm 3.41$ ) and flowers ( $9.33 \pm 4.18$ ). However, these differences were not statistically significant ( $F_{2,15} = 1.591$ ;  $P = 0.237$ ; Figure 2A). Regarding the number of hemipterans, we found a significant difference according to the structure observed on the tree ( $F_{2,15} = 13.47$ ;  $P < 0.001$ ; Figure 2B). We found, on average, fewer

hemipterans on the flowers ( $4.67 \pm 2.07$ ), which was significantly different ( $< 0.05$ ) from the number of hemipterans found on pods (mean  $\pm$  SD:  $11 \pm 2.97$ ) and leaf flush ( $10.5 \pm 1.87$ ) (Figure 2B). No differences were observed in the ant community composition according to the observation places on the plant (Jaccard:  $F_{2,15} = 0.854$ ;  $P = 0.7244$ ; Bray-Curtis:  $F_{2,15} = 0.855$ ;  $P = 0.635$ ; Figure 3A). However, we found differences in the hemipteran community (Jaccard:  $F_{2,15} = 3.965$ ;  $P < 0.001$ ; Bray-Curtis:  $F_{2,15} = 6.179$ ;  $P < 0.001$ ; Figure 3B). According to the Tukey's honestly significant difference (HSD) test of multiple comparisons, each structure presents an assemblage of hemipterans significantly different from the other ( $P < 0.005$ ).

#### ANT-HEMIPTERAN INTERACTIONS ACCORDING TO THE STRUCTURES OF THE COCOA TREES

We recorded a total of 404 trophobiotic interactions on pods, 394 on leaf flushes and 134 on flowers. We found significant differences in the number of trophobioses according to the structure of the tree ( $F_{2,15} = 6.473$ ;  $P = 0.009$ ; Figure 2B). The number of interactions observed on flowers (mean  $\pm$  SD:  $22.3 \pm 10.1$ ) was significantly less ( $< 0.05$ ) than the number of interactions on pods ( $67.3 \pm 18.1$ ) and leaf flushes ( $66.2 \pm 37.4$ ) (Figure 4A). We did find a significant difference in the ant-hemipteran pairs in interaction according to the structure observed on the tree ( $F_{2,15} = 10.36$ ;  $P = 0.0014$ ; Figure 4B). The value observed on flowers (mean  $\pm$  SD:  $13.3 \pm 6.12$ ), was significantly different ( $< 0.05$ ) than on other structures (leaf flushes =  $27.66 \pm 7.11$ ; pods =  $29.3 \pm 6.8$ ) (Figure 3B). The diversity of interactions was higher on pods ( $H' = 4.30$ ), followed by leaf flushes ( $H' = 4.23$ ) and flowers ( $H' = 3.65$ ). We found no difference in the composition of interactions (different pairs in interaction) according to the different structures observed on the cocoa trees (Jaccard:  $F_{2,15} = 1.056$ ;  $P = 0.304$ ; Bray-Curtis:  $F_{2,15} = 1.148$ ;  $P = 0.224$ ).

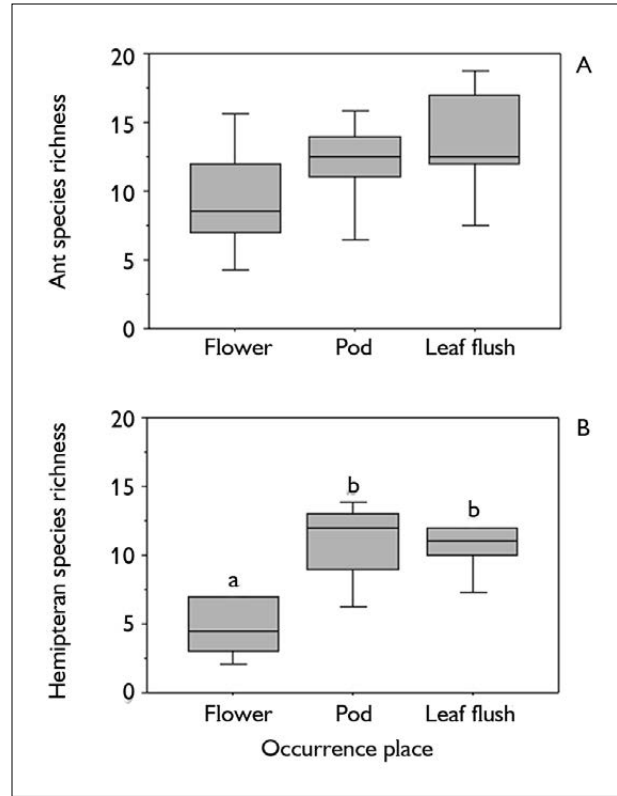


Figure 2. Specific richness of ants (A) and hemipteran (B) according to structure observed (occurrence place) in *Theobroma cacao* L. (Malvaceae). Different letter indicates significant differences between the means.

We observed 57 unique interactions on leaf flushes and 58 on *T. cacao* pods. No interaction was observed occurring exclusively on the flowers. The interactions that were most frequently recorded on flowers were between the hemipteran *Toxoptera aurantii* and the ants *Linepithema neotropicum* Wild, 2007 ( $n = 10$ ), *Dolichoderus bispinosus* (9), *Dolichoderus bidens* (8), *Crematogaster acuta* (Fabricius, 1804) (8), *Azteca chartifex spiriti* (7) and *Solenopsis geminata* (7). Among the most frequent interactions throughout the study, this observation site stands out *Planococcus minor* and *Tropidoscyta* sp.2 that were found interacting, respectively, with a single or two species of ants on the flowers (Table 1).

On the pods, the commonest interactions were between the hemipteran *Anobilia* sp.1 and the ants



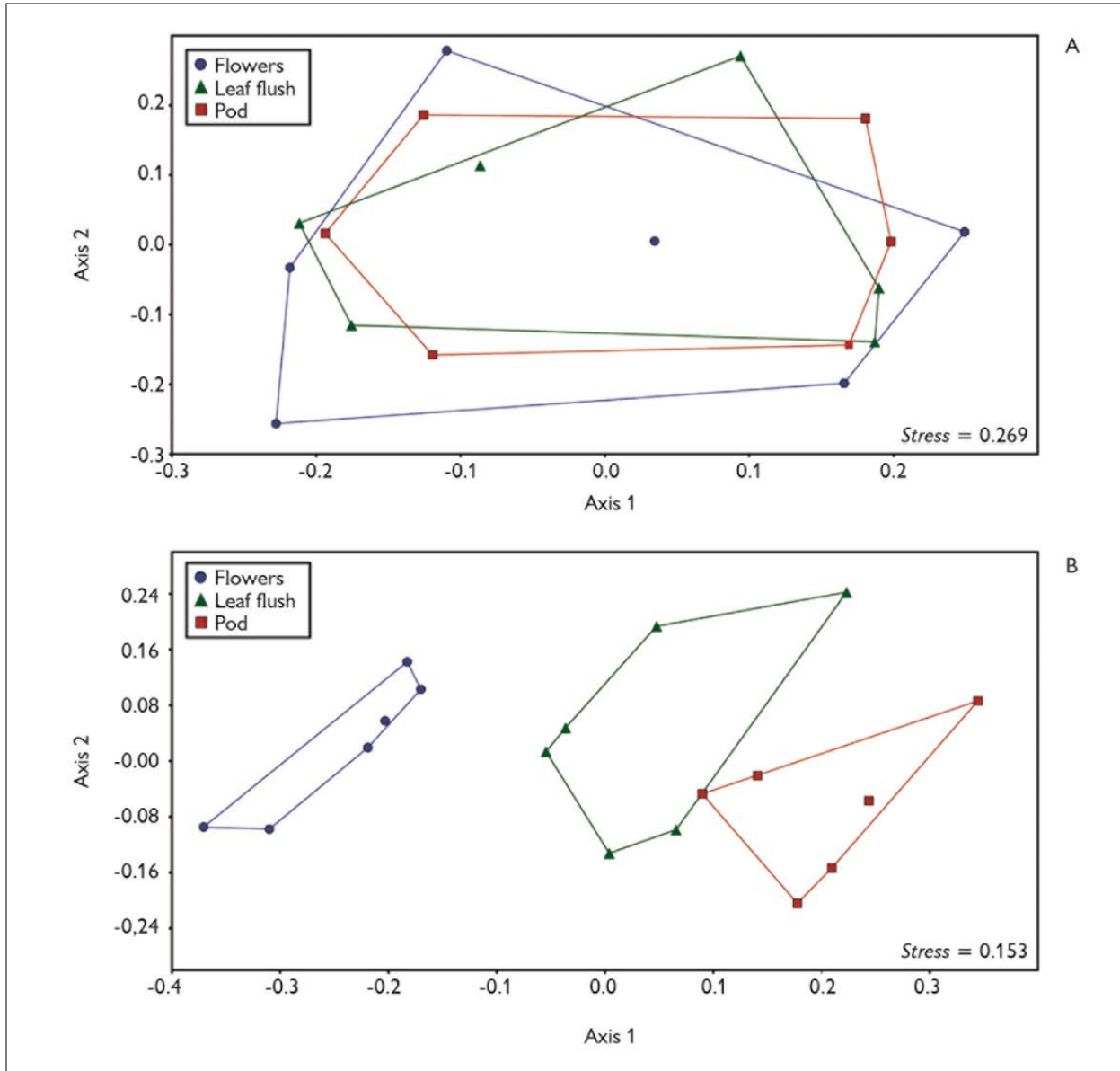


Figure 3. Non-metric multidimensional scaling (NMDS) of (A) ant and (B) hemiptera assemblages, separated according to different structure observed on cocoa trees.

*D. bidens* (25) and *A. chartifex spiriti* (18); between *P. minor* and the ants *A. chartifex* (17), *W. auropunctata* (17) and *E. tuberculatum* (13 records); and between *Horiola picta* and the ants *A. chartifex spiriti* (16) and *D. bispinosus* (15). The interactions involving *H. picta* and *C. acuta* (7), just like between *Tragopa* sp.2 and *D. bispinosus* (6), were found

exclusively on pods. Among the most frequent interactions seen throughout the study, *T. aurantii* was recorded interacting with eight of the nine most frequently recorded ant species (except *W. auropunctata*, observed interacting with *P. minor* only). Moreover, stands out in this place of observation, the interactions between *Anobilia* sp.1 and *D. bidens* (Table 1).



Table 1. Ant-hemipteran observed interactions (considering the 20 most frequent interactions throughout the study) according to structure observed: flowers, pod and leaf flush in *Theobroma cacao* L. (Malvaceae).

Flowers in <i>Theobroma cacao</i> L. (Malvaceae)							
<i>Tropidoscyta</i> sp.2	<i>Membracidae</i> sp.	<i>Tragopa auriculata</i>	<i>Horiola picta</i>	<i>Anobilia</i> sp.1	<i>Planococcus minor</i>	<i>Toxoptera aurantii</i>	Figure 1A
-	-	-	-	-	-	7	<i>Solenopsis geminata</i>
-	-	-	-	-	3	5	<i>Ectatomma tuberculatum</i>
-	-	-	-	-	-	9	<i>Dolichoderus bispinosus</i>
-	-	-	-	-	-	8	<i>Crematogaster acuta</i>
-	-	-	-	-	1	7	<i>Azteca chartifex</i>
-	-	-	-	-	-	10	<i>Linepithema neotropicum</i>
1	-	-	-	-	-	8	<i>Dolichoderus bidens</i>
-	-	-	-	-	-	6	<i>Monomorium floricola</i>
-	-	-	-	-	-	3	<i>Wasmannia auropunctata</i>
Pod in <i>Theobroma cacao</i> L. (Malvaceae)							
<i>Tropidoscyta</i> sp.2	<i>Membracidae</i> sp.	<i>Tragopa auriculata</i>	<i>Horiola picta</i>	<i>Anobilia</i> sp.1	<i>Planococcus minor</i>	<i>Toxoptera aurantii</i>	Figure 1B
-	-	-	-	-	12	4	<i>Solenopsis geminata</i>
-	-	-	-	-	13	9	<i>Ectatomma tuberculatum</i>
-	4	2	15	-	-	2	<i>Dolichoderus bispinosus</i>
-	-	-	-	-	-	5	<i>Crematogaster acuta</i>
-	-	-	16	18	17	4	<i>Azteca chartifex</i>
-	-	-	-	-	-	1	<i>Linepithema neotropicum</i>
-	-	-	-	25	-	1	<i>Dolichoderus bidens</i>
-	-	-	-	-	-	1	<i>Monomorium floricola</i>
-	-	-	-	-	17	-	<i>Wasmannia auropunctata</i>
Leaf flush in <i>Theobroma cacao</i> L. (Malvaceae)							
<i>Tropidoscyta</i> sp.2	<i>Membracidae</i> sp.	<i>Tragopa auriculata</i>	<i>Horiola picta</i>	<i>Anobilia</i> sp.1	<i>Planococcus minor</i>	<i>Toxoptera aurantii</i>	Figure 1C
-	-	-	-	-	10	18	<i>Solenopsis geminata</i>
-	-	-	-	-	3	14	<i>Ectatomma tuberculatum</i>
-	15	15	23	-	-	16	<i>Dolichoderus bispinosus</i>
-	-	-	-	-	-	12	<i>Crematogaster acuta</i>
-	-	-	4	14	11	14	<i>Azteca chartifex</i>
-	-	-	-	-	-	11	<i>Linepithema neotropicum</i>
7	-	-	-	12	-	11	<i>Dolichoderus bidens</i>
-	-	-	-	-	-	3	<i>Monomorium floricola</i>
-	-	-	-	-	8	7	<i>Wasmannia auropunctata</i>



On the leaf flushes, we recorded commonly the interactions between *H. picta* and *D. bispinosus* ( $n = 23$ ), *T. aurantii* and the ants *S. geminata* (18) and *D. bispinosus* (17). Other interactions commonly observed were among unidentified hemipterans of the Membracidae family with *D. bispinosus* (30). Interactions involving *T. aurantii* and *Camponotus novogranadensis* Mayr, 1870 (4), as well as between Membracidae and *D. bidens* (5), were found exclusively on leaf flushes (Appendix). Among the commonest interactions, *T. aurantii* stands out at this observation site, interacting with all nine most frequently recorded ant species (Table 1). Noteworthy are also *H. picta* and *T. auriculata*, which were found interacting, 15 and 23 times, respectively with *D. bispinosus* (Table 1).

## DISCUSSION

Our results show the wide diversity of ant-hemipteran trophobioses in cocoa agrosystems, rather similar to tropical forests (Blüthgen *et al.*, 2000, 2006). The frequency and variety of interactions observed reflect the high diversity of insects and their weak specialization in this agrosystem, as pointed out by several studies (Delabie *et al.*, 2007; Cassano *et al.*, 2009; DaRocha *et al.*, 2015, 2016; Canedo-Júnior *et al.*, 2019). We found variations in the number of ant species and in the number of hemipteran species and assemblage composition in the different structure observed on cocoa tree. The ecological restrictions involved in these trophobioses for some organisms suggest that the tree location where these interactions occur is a conditionality factor of the success of the ant-hemipteran mutualisms on *T. cacao*.

The ants most frequently found in interaction with hemipterans were *D. bidens*, *Cephalotes atratus* (Linnaeus, 1758), *A. chartifex spiriti*, *E. tuberculatum*, *D. bispinosus* and *W. auropunctata*. These species include arboreal ant fauna (except *E. tuberculatum* and *W. auropunctata*, only partially arboreal) commonly found in cocoa agrosystems (Fowler *et al.*, 1991; Delabie *et al.*, 1994, 2007; Delabie, 2001; Marques *et al.*, 2018). In these agrosystems, as also demonstrated in other environments, most interactions

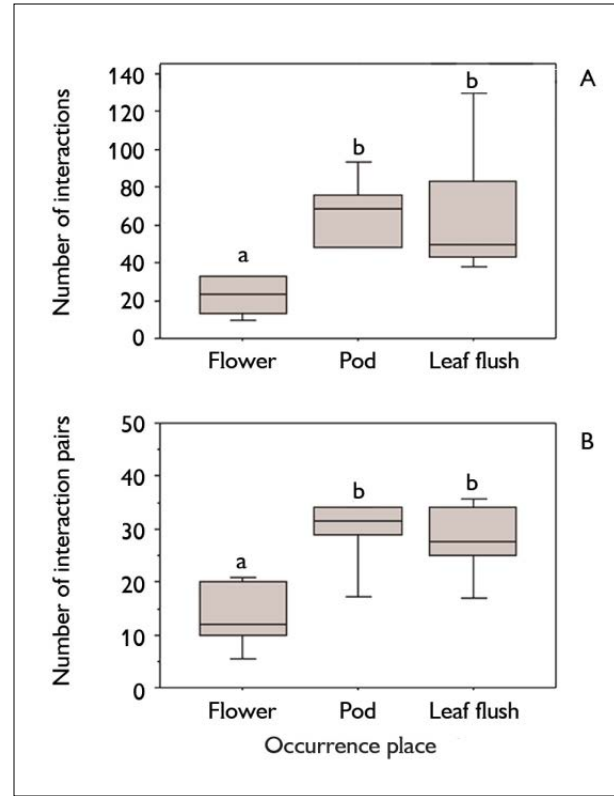


Figure 4. Number of interactions (A) and number of different ant-hemipteran pairs in interaction (B), according to structure observed (occurrence place) in *Theobroma cacao* L. (Malvaceae). Different letter indicates significant differences between the means.

occur through a small number of dominant tree ants, which monopolize most hemipterans (Bigger, 1993; Blüthgen & Fiedler, 2004; Fagundes *et al.*, 2016). Most of these ants contribute to constitute the mosaic of ant dominant ants which are characteristic of the Bahian cocoa plantations (Leston, 1978; Majer *et al.*, 1994).

Most of the ants' associations were with hemipterans of the family Membracidae, which is probably related to the wide diversity of species of this group found in cocoa agrosystems as well as with the easiness of immature manipulation by the ants. However, at the specific level *T. aurantii* (Aphididae) and *P. minor* (Pseudococcidae) were the commonest hemipterans found interacting with ants. The preference of dominant ants for certain species of hemipteran may be related to the quality of honeydew, since there is

variation between species (Blüthgen & Fiedler, 2004). Hemipteran species belonging to the Coccoidea superfamily (e.g. Pseudococcidae) and Aphididae, for example, excrete a nitrogen-rich honeydew (Blüthgen *et al.*, 2003). A second possibility of this preference may be due to the especially high capacity of growth of the population of certain hemipterans (see Delabie *et al.*, 1994 on *P. minor* [then called *Planococcus citri* Risso, 1813] interacting with *W. auropunctata*).

Although ant composition did not significantly vary among the different structures of the cocoa trees, we found significant differences in hemipterans composition. Such result may be correlated with the fact that these organisms have reduced mobility, related to the diversity of feeding strategies they present and dependence on the plants on which they occur. Hemiptera may be highly specialized for specific parts of their host plants (Bernays & Chapman, 1994). The host plant probably affects the composition, abundance and palatability of honeydew of the Hemiptera (Bristow, 1991) and therefore can contribute to motivate the visiting ant. The honeydew is an important resource to the ants (Delabie, 2001; Blüthgen *et al.*, 2000), which are opportunistic when choosing hemipteran to interact (Blüthgen *et al.*, 2006), but their choices may depend on the quantity and quality of honeydew (Cushman & Addicott, 1991). The composition of this resource comprises a wide variety of carbohydrates, lipids and amino acids. Some species of aphids, for example, may produce a higher rate of amino acids in their honeydew than others (Maltais & Auclair, 1952).

Part of the observed interactions was highly related to the structure observed on cacao trees. We found differences in interactions of hemipterans mainly on flowers, when compared with other sites on the tree. No species of hemipteran was exclusive to the flowers, while some interactions were restricted to pods and leaf flushes. Although some species of hemipteran are often found interacting at any of the three different observation sites evaluated, the identity of the partner ant often changes with the place of interaction (Table 1). In fact, studies have

shown that mutualistic interactions are strongly influenced by the environment and the ecological characteristics of where they occur (Cushman & Addicott, 1991; Bronstein, 1994; Chamberlain *et al.*, 2014).

Our results demonstrate that the structure of the tree where the interactions occur is conditioning the ant-hemipteran interactions in cacao agrosystems. However, further studies are needed to determine how our findings could be generalized, as this is the first time that the diversity of trophobiotic hemipterans is explored by considering their interactions with ants according to their location on *T. cacao*. New studies on the management of arboreal insects in cacao trees are necessary too, since certain ant species can effectively control a range of herbivores, especially when associated with certain hemipteran species (Vandermeer *et al.*, 2002; Eubanks & Styrsky, 2006; Perfecto & Vandermeer, 2006; Jha *et al.*, 2012). The location of occurrence (structure on tree) of ant-hemipteran interactions may represent an important conditionality factor of interactions between these insects in cacao agrosystems. A better understanding of these relationships is needed in the context of dependence of the organisms involved in these interactions.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We dedicate this study to the memories of José Abade and José Crispim Soares do Carmo, two of our tireless field assistants who recently passed away. Thanks are also due to Jose Raimundo Maia dos Santos and Gilmar Batista Costa for field support. We thank Olivia Evangelista (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization – CSIRO) for the Membracidae identifications. We acknowledge the project PRONEX FAPESB/CNPq PNX0011/2009 project: “*Rede Multidisciplinar de Estudos sobre Formigas Poneromorfas do Brasil*” which contributed with experiment funding. We also thank the *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia* (FAPESB), *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (CNPq), and *Coordenação de*



*Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)* funding agencies for various types of scholarships.

## REFERENCES

- ANDERSON, M. J., 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology** 26(1): 32-46. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2001.01070.pp.x>.
- BERNAYS, E. A. & R. F. CHAPMAN, 1994. **Host plant selection by phytophagous insects**. Chapman and Hall, London.
- BIGGER, M., 1993. Ant-homopteran interactions in a tropical ecosystem. Description of an experiment on cocoa in Ghana. **Bulletin of Entomological Research** 83(4): 475-505. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007485300039912>.
- BLÜTHGEN, N., M. VERHAAGH, W. GOITÍA, K. JAFFÉ, W. MORAWETZ & W. BARTHLOTT, 2000. How plants shape the ant community in the Amazonian rainforest canopy: the key role of extrafloral nectaries and homopteran honeydew. **Oecologia** 125: 229-40. DOI: <https://doi.org/10.1007/s004420000449>.
- BLÜTHGEN, N., G. GEBAUER & K. FIEDLER, 2003. Disentangling a rainforest food web using stable isotopes: dietary diversity in a species-rich ant community. **Oecologia** 137: 426-435. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-003-1347-8>.
- BLÜTHGEN, N. & K. FIEDLER, 2004. Preferences for sugars and amino acids and their conditionality in a diverse nectar-feeding ant community. **Journal of Animal Ecology** 73(1): 155-166. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2004.00789.x>.
- BLÜTHGEN, N., D. MEZGER & K. E. LINSENMAYER, 2006. Ant-hemipteran trophobioses in a Bornean rainforest – diversity, specificity and monopolization. **Insectes Sociaux** 53: 194-203. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-005-0858-1>.
- BONDAR, G., 1939. Notas entomológicas da Bahia. IV. **Revista de Entomologia** 10(1): 1-14.
- BRISTOW, C. M., 1991. Why are so few aphids ant-tended? In: C. R. HUXLEY & D. F. CUTLER (Ed.): **Ant-plant interactions**: 104-119. Oxford University Press, Oxford.
- BRONSTEIN, J. L., 1994. Our current understanding of mutualism. **The Quarterly Review of Biology** 69(1): 31-51.
- BUCKLEY, R. C., 1987. Interactions involving plants, Homoptera, and ants. **Annual Review of Ecology and Systematics** 18: 111-135. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.es.18.110187.000551>.
- CANEDO-JÚNIOR, E. O., A. B. MONTEIRO, A. C. M. QUEIROZ & G. S. SILVA, 2019. Aphid-tending ants and their effects on natural enemies used in the biological control. In: B. SOUZA, L. VÁZQUEZ & R. MARUCCI (Ed.): **Natural enemies of insect pests in Neotropical agroecosystems**: 523-533. Springer, Cham, Switzerland.
- CASSANO, C. R., G. SCHROTH, D. FARIA, J. H. C. DELABIE & L. BEDE, 2009. Landscape and farm scale management to enhance biodiversity conservation in the cocoa producing region of southern Bahia, Brazil. **Biodiversity and Conservation** 18: 577-603. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9526-x>.
- CHAMBERLAIN, S. A., J. L. BRONSTEIN & J. A. RUDGERS, 2014. How context dependent are species interactions. **Ecology Letters** 17(7): 881-890. DOI: <https://doi.org/10.1111/ele.12279>.
- CUSHMAN, J. H. & T. G. WHITHAM, 1989. Conditional mutualism in a membracid-ant association: temporal, age-specific, and density-dependent effects. **Ecology** 70(4): 1040-1047. DOI: <https://doi.org/10.2307/1941372>.
- CUSHMAN, J. H. & J. F. ADDICOTT, 1991. Conditional interactions in ant-plant-herbivore mutualisms. In: C. R. HUXLEY & D. F. CUTLER (Ed.): **Ant-plant interactions**: 92-103. Oxford University Press, Oxford.
- DAROCHA, W. D., S. P. RIBEIRO, F. S. NEVES, G. W. FERNANDES, M. LEPONCE & J. H. C. DELABIE, 2015. How does bromeliad distribution structure the arboreal ant assemblage (Hymenoptera, Formicidae) on a single tree in a Brazilian Atlantic forest agroecosystem? **Myrmecological News** 21: 83-92.
- DAROCHA, W. D., F. S. NEVES, W. DÁTILLO & J. H. C. DELABIE, 2016. Epiphytic bromeliads as key components for maintenance of ant diversity and ant-bromeliad interactions in agroforestry system canopies. **Forest Ecology and Management** 372: 128-136. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.04.011>.
- DELABIE, J. H. C., 2001. Trophobiosis between Formicidae and Hemiptera (Sternorrhyncha and Auchenorrhyncha): an overview. **Neotropical Entomology** 30(4): 501-516. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2001000400001>.
- DELABIE, J. H. C., A. M. ENCARNACÃO & C. I. MAURÍCIO, 1994. Relations between the little fire ant, *Wasmannia auropunctata*, and its associated mealybug, *Planococcus citri*, in Brazilian cocoa farms. In: D. F. WILLIAMS (Ed.): **Exotic ants: biology, impact and control of introduced species**: 91-103. Westview Press, Boulder, Colorado, USA.
- DELABIE, J. H. C., B. JAHYNY, I. C. NASCIMENTO, C. S. F. MARIANO, S. LACAU, S. CAMPIOLO, S. M. PHILPOTT & M. LEPONCE, 2007. Contribution of cocoa plantations to the conservation of native ants (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) with a special emphasis on the Atlantic Forest fauna of southern Bahia, Brazil. **Biodiversity and Conservation** 16: 2359-2384. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9190-6>.
- DEL-CLARO, K. & P. S. OLIVEIRA, 2000. Conditional outcomes in a neotropical treehopper-ant association: temporal and species-specific variation in ant protection and homopteran fecundity. **Oecologia** 124: 156-165. DOI: <https://doi.org/10.1007/s004420050002>.

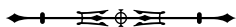


- EUBANKS, M. D. & J. D. STYRSKY, 2006. Ant-hemipteran mutualisms: keystone interactions that alter food web dynamics and influence plant fitness. In: J. BRODEUR & G. BOIVIN (Ed.): **Trophic and guild in biological interactions control**: v. 3: 171-189. Springer, Dordrecht.
- FAGUNDES, R., W. DÁTILLO, S. P. RIBEIRO, V. RICO-GRAY & K. DEL-CLARO, 2016. Food source availability and interspecific dominance as structural mechanisms of ant-plant-hemipteran multitrophic networks. **Arthropod-Plant Interactions** 10: 207-220. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11829-016-9428-x>.
- FOWLER, H. G., L. C. FORTI, C. R. F. BRANDÃO, J. H. C. DELABIE & H. L. VASCONCELOS, 1991. Ecologia nutricional de formigas. In: A. R. PANIZZII & J. R. P. PARRA (Ed.): **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**: 131-223. Editora Manole/CNPq, São Paulo.
- HÖLLDOBLER, B. & E. O. WILSON, 1990. **The ants**: 1. ed. Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge.
- JHA, S., D. ALLEN, H. LIERE, J. VANDERMEER & I. PERFECTO, 2012. Mutualisms and population regulation: mechanism matters. **PLoS ONE** 7(8): e43510. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043510>.
- KHOO, K. C. & C. T. HO, 1992. The influence of *Dolichoderus thoracicus* (Hymenoptera: Formicidae) on losses due to *Helopeltis theivora* (Heteroptera: Miridae), black pod disease, and mammalian pests in cocoa in Malaysia. **Bulletin of Entomological Research** 82: 485-491. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007485300042553>.
- KOCH, E. B. A., F. C. CAMAROTA & H. L. VASCONCELOS, 2016. Plant ontogeny as a conditionality factor in the protective effect of ants on a Neotropical tree. **Biotropica** 48(2): 198-205. DOI: <https://doi.org/10.1111/btp.12264>.
- LESTON, D., 1978. A Neotropical ant mosaic. **Annals of the Entomological Society of America** 71(4): 649-653. DOI: <https://doi.org/10.1093/aesa/71.4.649>.
- MAJER, J. D., J. H. C. DELABIE & M. R. B. SMITH, 1994. Arboreal ant community patterns in Brazilian cocoa farms. **Biotropica** 26(1): 73-83. DOI: <https://doi.org/10.2307/2389112>.
- MALTAIS, J. B. & J. L. AUCLAIR, 1952. Occurrence of amino acids in the honeydew of the crescent-marked lily aphid, *Myzus circumflexus* (Buck.). **Canadian Journal of Zoology** 30(4): 191-193. DOI: <https://doi.org/10.1139/z52-017>.
- MARQUES, T. E. D., E. B. A. KOCH, I. S. SANTOS, J. R. M. SANTOS, C. S. F. MARIANO & J. H. C. DELABIE, 2018. The diversity of ants (Hymenoptera: Formicidae) interacting with the invasive hibiscus mealybug *Maconellicoccus hirsutus* (Green 1908) (Hemiptera: Pseudococcidae) on ornamental and cultivated plants in Bahia, Brazil. **Arthropod-Plant Interactions** 12: 237-246. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11829-017-9563-z>.
- OKSANEN, J., R. KINDT, P. LEGENDRE, P. R. MINCHIN, R. B. O'HARA, G. L. SIMPSON, P. SOLYMOS, M. H. H. STEVENS & H. WAGNER, 2015. **The vegan package**. R package version 2.3-4. Available at: <https://cran.r-project.org/package=vegan>. Accessed on: January 2020.
- PERFECTO, I. & J. VANDERMEER, 2006. The effect of an ant-hemipteran mutualism on the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) in southern Mexico. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 117(2-3): 218-221. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.04.007>.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2018. **R**: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- RICO-GRAY, V. & P. S. OLIVEIRA, 2007. **The ecology and evolution of ant – plant interactions**. University of Chicago Press, Chicago.
- SCHROTH, G., D. FARIA, M. ARAUJO, L. BEDE, S. A. VAN BAELE, C. R. CASSANO, L. C. OLIVEIRA & J. H. C. DELABIE, 2011. Conservation in tropical landscape mosaics: the case of the cacao landscape of southern Bahia, Brazil. **Biodiversity and Conservation** 20: 1335-1354. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-011-0052-x>.
- STADLER, B. & T. DIXON, 2008. **Mutualism**: ants and their insect partners. Cambridge University Press, New York, USA.
- STYRSKY, J. D. & M. D. EUBANKS, 2006. Ecological consequences of interactions between ants and honeydew-producing insects. **Proceedings of the Royal Society of London Serie B** 274(1607): 151-164. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3701>.
- VANDERMEER, J., I. PERFECTO, G. IBARRA NUÑEZ, S. PHILPOTT & A. GARCIA BALLINAS, 2002. Ants (*Azteca* sp.) as potential biological control agents in shade coffee production in Chiapas, Mexico. **Agroforestry Systems** 56: 271-276. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1021328820123>.
- WAY, M. J., 1963. Mutualism between ants and honeydew producing Homoptera. **Annual Review of Entomology** 8: 307-344. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.08.010163.001515>.



Appendix. Interactions between ants and hemipterans according to different observation sites in *Theobroma cacao* L. (Malvaceae). (Continue)

Family/Hemipteran species	Ant species	Flower	Pod	Leaf flush	Total
Aphididae					
<i>Toxoptera aurantii</i> (Boyer de Fonscolombe, 1841)	<i>Azteca chartifex spiriti</i> Forel, 1912	7	4	14	25
	<i>Azteca instabilis</i> (Smith, F., 1862)		3	1	4
	<i>Azteca</i> sp.			1	1
	<i>Camponotus</i> ( <i>Myrmobrachys</i> ) sp.	3		1	4
	<i>Camponotus cingulatus</i> Mayr, 1862	2		2	4
	<i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1862	3		3	6
	<i>Camponotus fastigatus</i> Roger, 1863	3	2	1	6
	<i>Camponotus novogranadensis</i> Mayr, 1870			5	5
	<i>Camponotus textor</i> Forel, 1899	1			1
	<i>Camponotus trapezoideus</i> Mayr, 1870			1	1
	<i>Cephalotes atratus</i> (Linnaeus, 1758)	1	2	1	7
	<i>Crematogaster abstinens</i> Forel, 1899			3	3
	<i>Crematogaster curvispinosa</i> Mayr, 1862			1	1
	<i>Crematogaster limata</i> Smith, F., 1858	2	1	1	3
	<i>Crematogaster acuta</i> (Fabricius, 1804)	8	5	12	25
	<i>Crematogaster carinata</i> Mayr, 1862			1	1
	<i>Crematogaster curvispinosa</i>	2	1	3	6
	<i>Crematogaster erecta</i> Mayr, 1866	1	1	3	5
	<i>Crematogaster victima</i> Smith, F., 1858	3			3
	<i>Crematogaster</i> sp.1			1	1
	<i>Crematogaster</i> sp.2			1	1
	<i>Dolichoderus bidens</i> (Linnaeus, 1758)	8	1	11	20
	<i>Dolichoderus bispinosus</i> (Olivier, 1792)	9	2	16	27
	<i>Ectatomma edentatum</i> Roger, 1863	2		1	3
	<i>Ectatomma tuberculatum</i> (Olivier, 1792)	5	9	14	28
	<i>Linepithema leucomelas</i> (Emery, 1894)		1	1	2
	<i>Linepithema neotropicum</i> Wild, 2007	1	1	11	22
	<i>Monomorium floricola</i> (Jerdon, 1851)	6	1	3	10
	<i>Nylanderia fulva</i> (Mayr, 1862)	2			2
	<i>Nylanderia</i> sp.2	1			1
	<i>Odontomachus haematodus</i> (Linnaeus, 1758)		3		3
	<i>Pheidole</i> sp.1	1	2	1	4
<i>Pheidole</i> sp.3	2			2	
<i>Pheidole</i> sp.4			1	1	
<i>Pseudomyrmex gracilis</i> (Fabricius, 1804)			1	1	





Appendix.

(Continue)

Family/Hemipteran species	Ant species	Flower	Pod	Leaf flush	Total
<i>Toxoptera aurantii</i> (Boyer de Fonscolombe, 1841)	<i>Solenopsis geminate</i> (Fabricius, 1804)	7	4	18	29
	<i>Solenopsis</i> sp.1	1			1
	<i>Solenopsis</i> sp.2			1	1
	<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)	3		7	10
	<i>Wasmannia rochai</i> Forel, 1912		1		1
Coccidae					
<i>Coccus</i> sp.	<i>Cephalotes atratus</i>		1		1
	<i>Solenopsis geminata</i> (Fabricius, 1804)			1	1
Membracidae					
<i>Anobilia</i> sp.1	<i>Azteca chartifex spiriti</i>		18	14	32
	<i>Crematogaster limata</i>		2	2	4
	<i>Crematogaster acuta</i>	1			1
	<i>Crematogaster curvispinosa</i>			1	1
	<i>Dolichoderus bidens</i>		25	12	37
	<i>Dolichoderus bispinosus</i>		3	2	5
	<i>Ectatomma tuberculatum</i>	1	8	2	11
	<i>Linepithema neotropicum</i>		2	1	3
	<i>Solenopsis</i> sp.1		1		1
<i>Anobilia</i> sp.2	<i>Cephalotes atratus</i>		7	2	9
	<i>Dolichoderus bidens</i>	2	5		7
	<i>Ectatomma edentatum</i>			1	1
	<i>Ectatomma tuberculatum</i>		1		1
<i>Anobilia</i> sp.3	<i>Azteca instabilis</i>		4	2	6
	<i>Dolichoderus bidens</i>		3		3
	<i>Nylanderia</i> sp.1			1	1
<i>Anobilia</i> sp.4	<i>Azteca chartifex</i> Forel, 1896			1	1
	<i>Dolichoderus bidens</i>		1		1
<i>Aphetea</i> sp.	<i>Azteca chartifex spiriti</i>		2		2
	<i>Cephalotes atratus</i>			1	1
	<i>Dolichoderus bidens</i>		2	5	7
	<i>Dolichoderus lutosus</i> (Smith, F., 1858)		1		1
<i>Bolbonota melaena</i> (German, 1835)	<i>Azteca chartifex spiriti</i>			1	1
	<i>Dolichoderus lutosus</i>			1	1
	<i>Ectatomma tuberculatum</i>		2	1	3
	<i>Solenopsis geminata</i>	1	1		2
	<i>Wasmannia auropunctata</i>	1			1
<i>Bolbonota</i> sp.	<i>Azteca chartifex spiriti</i>		1	3	4



Appendix.

(Continue)

Family/Hemipteran species	Ant species	Flower	Pod	Leaf flush	Total
<i>Bolbonota</i> sp.	<i>Cephalotes atratus</i>			1	1
	<i>Dolichoderus bidens</i>			2	2
	<i>Ectatomma tuberculatum</i>	2	3		5
	<i>Solenopsis geminata</i>		1		1
<i>Fulgoromorpha</i> sp.	<i>Dolichoderus bidens</i>		1		1
<i>Horiola arcuata</i> (Fabricius, 1803)	<i>Dolichoderus attelaboides</i> (Fabricius, 1775)		1		1
	<i>Dolichoderus bispinosus</i>		2	5	7
<i>Horiola picta</i> (Coquebert, 1801)	<i>Azteca chartifex spiriti</i>		16	4	20
	<i>Azteca instabilis</i>		1		1
	<i>Camponotus cingulatus</i>		1		1
	<i>Cephalotes atratus</i>		6	1	7
	<i>Crematogaster abstinens</i>		1	1	2
	<i>Crematogaster acuta</i>		7		7
	<i>Crematogaster curvispinosa</i>	1			1
	<i>Crematogaster victima</i>		1		1
	<i>Dolichoderus bidens</i>		6	4	10
	<i>Dolichoderus bispinosus</i>		15	23	38
	<i>Dolichoderus lutosus</i>		3	1	4
	<i>Ectatomma tuberculatum</i>		7	1	8
	<i>Linepithema neotropicum</i>		1		1
	<i>Monomorium floricola</i>		1		1
	<i>Solenopsis geminata</i>		1		1
	<i>Solenopsis</i> sp.1		1		1
	<i>Wasmannia auropunctata</i>		1		1
<i>Membracidae</i> sp.	<i>Azteca chartifex spiriti</i>	2	8	3	13
	<i>Azteca instabilis</i>		1	2	3
	<i>Camponotus novogranadensis</i>			2	2
	<i>Cephalotes atratus</i>	2	5	1	8
	<i>Crematogaster acuta</i>		1	1	2
	<i>Crematogaster curvispinosa</i>			1	1
	<i>Crematogaster victima</i>		1		1
	<i>Dolichoderus bidens</i>			4	4
	<i>Dolichoderus bispinosus</i>		4	15	19
	<i>Dolichoderus decolatus</i>			1	1
	<i>Dolichoderus lutosus</i>		2		2
	<i>Ectatomma edentatum</i>			1	1
	<i>Ectatomma tuberculatum</i>	4	3	5	12



Appendix.

(Continue)

Family/Hemipteran species	Ant species	Flower	Pod	Leaf flush	Total
<i>Membracidae</i> sp.	<i>Monomorium floricola</i>		1	1	2
	<i>Odontomachus haematodus</i>	1			1
	<i>Solenopsis geminata</i>	1		2	3
	<i>Wasmannia auropunctata</i>	1			1
<i>Neotyndelia nigra</i> (Funkhouser, 1940)	<i>Cephalotes atratus</i>			1	1
<i>Neotyndelia</i> sp.	<i>Cephalotes atratus</i>		1		1
	<i>Dolichoderus bispinosus</i>			1	1
<i>Nipaecoccus</i> sp.	<i>Crematogaster victima</i>		1		1
	<i>Monomorium floricola</i>		1		1
<i>Phormophora</i> sp.1	<i>Cephalotes atratus</i>	2	10	2	14
	<i>Crematogaster curvispinosa</i>		1		1
	<i>Dolichoderus bidens</i>		3		3
	<i>Dolichoderus bispinosus</i>	1			1
	<i>Ectatomma tuberculatum</i>	1			1
<i>Tragopa auriculata</i> (Oliver, 1792)	<i>Azteca instabilis</i>		1		1
	<i>Cephalotes atratus</i>			1	1
	<i>Crematogaster curvispinosa</i>			2	2
	<i>Dolichoderus attelaboides</i>		1		1
	<i>Dolichoderus bidens</i>	1			1
	<i>Dolichoderus bispinosus</i>		2	15	17
	<i>Wasmannia auropunctata</i>			1	1
<i>Tragopa</i> sp.1	<i>Azteca chartifex spiriti</i>		4		4
	<i>Cephalotes atratus</i>		2	2	4
	<i>Crematogaster acuta</i>			1	1
	<i>Crematogaster limata</i>		1		1
	<i>Dolichoderus bispinosus</i>		2	1	3
	<i>Ectatomma tuberculatum</i>			1	1
	<i>Wasmannia auropunctata</i>			1	1
<i>Tragopa</i> sp.2	<i>Azteca chartifex spiriti</i>			1	1
	<i>Crematogaster limata</i>			1	1
	<i>Dolichoderus bidens</i>		5	5	10
	<i>Dolichoderus bispinosus</i>		6		6
	<i>Ectatomma tuberculatum</i>		1		1
	<i>Wasmannia auropunctata</i>			1	1
<i>Tropidoscyta</i> sp.1	<i>Cephalotes atratus</i>		1		1
	<i>Crematogaster acuta</i>		2		2
	<i>Crematogaster curvispinosa</i>		1		1



Appendix.

(Continue)

Family/Hemipteran species	Ant species	Flower	Pod	Leaf flush	Total
<i>Tropidoscyta</i> sp.1	<i>Dolichoderus bidens</i>		1		1
	<i>Ectatomma tuberculatum</i>		2		2
	<i>Linepithema neotropicum</i>			1	1
	<i>Solenopsis geminata</i>			1	1
	<i>Solenopsis</i> sp.2		1		1
	<i>Wasmannia auropunctata</i>			1	1
<i>Tropidoscyta</i> sp.2	<i>Azteca chartifex spiriti</i>		1		1
	<i>Cephalotes atratus</i>		2		2
	<i>Crematogaster acuta</i>			1	1
	<i>Dolichoderus attelaboides</i>		1		1
	<i>Dolichoderus bidens</i>	1	4	7	12
	<i>Dolichoderus bispinosus</i>	1	2		3
	<i>Ectatomma edentatum</i>			1	1
	<i>Ectatomma tuberculatum</i>	2			2
	<i>Linepithema neotropicum</i>			1	1
<i>Tropidoscyta</i> sp.3	<i>Azteca chartifex spiriti</i>		1		1
	<i>Dolichoderus attelaboides</i>			1	1
Pseudococcidae					
<i>Dysmicoccus</i> sp.	<i>Azteca chartifex spiriti</i>		3		3
	<i>Azteca paraensis bondari</i> Forel, 1904		1		1
	<i>Camponotus (Myrmobrachys)</i> sp.1		1		1
	<i>Crematogaster limata</i>			1	1
	<i>Pheidole</i> sp.1		1		1
	<i>Wasmannia auropunctata</i>	1			1
<i>Planococcus minor</i> (Maskell, 1897)	<i>Azteca chartifex spiriti</i>	1	17	11	29
	<i>Azteca instabilis</i>	1	4	1	6
	<i>Brachymyrmex admotus</i> Mayr, 1887			1	1
	<i>Camponotus crassus</i>		1		1
	<i>Cephalotes atratus</i>			1	1
	<i>Crematogaster abstinens</i>		1		1
	<i>Crematogaster curvispinosa</i>	1			1
	<i>Crematogaster abstinens</i>		2		2
	<i>Crematogaster acuta</i>		4	4	8
	<i>Crematogaster carinata</i>			1	1
	<i>Crematogaster curvispinosa</i>			1	1
<i>Crematogaster erecta</i>			1	1	



Appendix.

(Conclusion)

Family/Hemipteran species	Ant species	Flower	Pod	Leaf flush	Total
<i>Planococcus minor</i> (Maskell, 1897)	<i>Crematogaster limata</i>		3	2	5
	<i>Crematogaster</i> sp.2			1	1
	<i>Crematogaster</i> sp.3		2		2
	<i>Crematogaster victima</i>			2	2
	<i>Dolichoderus bidens</i>		3		3
	<i>Dolichoderus bispinosus</i>	1	1	1	3
	<i>Dolichoderus lutosus</i>		2		2
	<i>Ectatomma edentatum</i>			1	1
	<i>Ectatomma tuberculatum</i>	3	13	3	19
	<i>Linepithema neotropicum</i>		3	1	4
	<i>Monomorium floricola</i>		4	4	8
	<i>Nylanderia</i> sp.1	1			1
	<i>Odontomachus haematodus</i>		1		1
	<i>Pheidole ambigua</i> Wilson, 2003			1	1
	<i>Pheidole</i> gr. <i>fallax</i> sp.1		1		1
	<i>Pheidole</i> gr. <i>fallax</i> sp.2		3	1	4
	<i>Pheidole midas</i> Wilson, 2003			1	1
	<i>Pheidole radoszkowskii</i> Mayr, 1884			1	1
	<i>Pheidole</i> sp.2			1	1
	<i>Pheidole</i> sp.3		1		1
	<i>Solenopsis geminata</i>		12	10	22
	<i>Solenopsis</i> sp.1		1	1	2
	<i>Solenopsis</i> sp.2		1	1	2
	<i>Tetramorium simillimum</i> Smith, 1851		1		1
	<i>Wasmannia auropunctata</i>	1	17	8	26
	<i>Wasmannia rochai</i>		2	3	5
	Total		134	404	394







# Considerações sobre uma série de aranhas miméticas da coleção do Centro de Pesquisas do Cacau (CPDC), Bahia, e de seus possíveis modelos

## Considerations about a series of mimetic spiders from the collection *Centro de Pesquisas do Cacau (CPDC)*, Bahia, and their possible models

Jemile Viana Santos<sup>I</sup>  | Jacques Hubert Charles Delabie<sup>II</sup>  |  
Antonio Domingos Brescovit<sup>III</sup>  | Cléa dos Santos Ferreira Mariano<sup>I</sup> 

<sup>I</sup>Universidade Estadual de Santa Cruz. Ilhéus, Bahia, Brasil

<sup>II</sup>Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. Ilhéus, Bahia, Brasil

<sup>III</sup>Instituto Butantan. São Paulo, São Paulo, Brasil

**Resumo:** Mimetismo é um fenômeno no qual uma espécie apresenta características morfológicas derivadas da evolução convergente com outra espécie não relacionada e que lhe confere alguma vantagem seletiva. Estudar animais miméticos e seus modelos pode auxiliar na compreensão das relações ecológicas e evolutivas em uma comunidade complexa. Relacionamos aranhas miméticas de formigas com seus possíveis modelos. Definimos similaridade mímico x modelo a partir de comparações baseadas em critérios morfológicos. Analisamos 104 aranhas miméticas (11 gêneros, quatro famílias). As formigas-modelo mais frequentes são Ponerinae, predadoras agressivas comuns que exploram todos os estratos de florestas e agroflorestas. Formigas-modelo do gênero *Pseudomyrmex* apresentam características similares; as demais (*Cephalotes*, *Camponotus*, *Crematogaster* e *Dolichoderus*) são tolerantes a outros animais próximos ao formigueiro; além de *Eciton*, que são predadoras nômades, agressivas e populosas. As características mais frequentemente imitadas pelo mimético são constrições, padrões de cor, pelos distribuídos no cefalotórax e alongamento do corpo, que confundem o observador com os três tagmas da formiga-modelo. Raramente há sobreposição exata entre os detalhes morfológicos do modelo e do mimético. A morfologia dessas aranhas sugere mais as feições de um gênero/grupo de formigas do que uma única espécie-modelo.

**Palavras-chave:** Mimetismo. Mirmecomorfia. Adaptação. Araneae. Formicidae.

**Abstract:** Mimicry is a phenomenon in which one species exhibits morphological characteristics that convergently resemble an unrelated species with a selective advantage. Studying mimetic animals and their models can help in understanding the ecological and evolutionary relationships in a complex community. We compared spiders mimetic of ants with their probable models. The similarity between mimetic species and model ants was defined based on morphological criteria. We analyzed 104 mimetic spiders (11 genera in four families). The commonest model ants belong to the Ponerinae subfamily, which are aggressive predatory ants that actively exploit all strata of forests and agroforests. Model ants of the genus *Pseudomyrmex* show similar characteristics. The others belong to the genera *Cephalotes*, *Camponotus*, *Crematogaster* or *Dolichoderus* that tolerate other animals in the surroundings of their nest, and the army ants *Eciton*, nomadic, aggressive and populous. The most frequently imitated features are constrictions, color patterns or hairs on cephalothorax, and body elongation, which confuse the observer with the three tagma of the model ant. There is rarely an exact overlap between the morphological details of the model and the mimetic. The morphology of myrmecophilous spiders suggests more the features of a genus/group of ants than a single model species.

**Keywords:** Mimicry. Myrmecomorphy. Adaptation. Araneae. Formicidae.

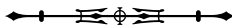
SANTOS, J. V., J. H. C. DELABIE, A. D. BRESCOVIT & C. S. F. MARIANO, 2020. Considerações sobre uma série de aranhas miméticas da coleção do Centro de Pesquisas do Cacau (CPDC), Bahia, e de seus possíveis modelos. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(1): 83-99. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.294>.

Autora para correspondência: Cléa dos Santos Ferreira Mariano. Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-Graduação em Zoologia. Laboratório de Artrópodos Sociais. Rodovia Jorge Amado, km 16 – Salobrinho. Ilhéus, BA, Brasil. CEP 45662-900 (camponotu@hotmail.com).

Recebido em 16/03/2020

Aprovado em 02/04/2020

Responsabilidade editorial: Rony Peterson Santos Almeida



## INTRODUÇÃO

O mimetismo pode ser definido como um fenômeno no qual uma espécie obtém vantagens seletivas em decorrência da confusão causada pela aquisição de características morfológicas, comportamentais ou químicas (ou ainda uma combinação dessas características), que evoluíram apenas para que ela se assemelhe a outra espécie não aparentada (Mclver & Stonedahl, 1993; Uma *et al.*, 2013). Existem três tipos principais de mimetismo: 1) mimetismo agressivo, quando o mímico atrai uma presa por meio do modelo que imita (Quicke, 2017) – em geral, muitos predadores exibem morfologia e comportamento crípticos para evitar que sejam detectados; 2) mimetismo batesiano, onde uma espécie palatável (mímico) imita uma espécie impalatável (o modelo), de modo que o predador eventual é enganado e evita a captura do organismo mimético por incapacidade a discriminar o mímico do modelo (Edmunds, 2000); 3) mimetismo mülleriano, descrito como a seleção de sinais de impalatibilidade ou agressividade entre membros de um grupo de espécies que dividem os mesmos predadores para seu benefício mútuo (revisão em Quicke, 2017) – diversos organismos, desde plantas (*Asteraceae: Xanthium strumarium* L.), artrópodes (aranhas das famílias Salticidae, Corinnidae e Araneidae) e vertebrados (aves da família Dicruridae), se beneficiam desse tipo de semelhança adaptativa (Cushing, 1997; Quicke, 2017).

As formigas são animais abundantes e presentes em quase todos os ambientes. Podem ser agressivas, capazes de reagir rapidamente a um ataque através do recrutamento; algumas são impalatáveis (as Dolichoderinae, por exemplo), sendo, por isso, frequentemente evitadas por predadores generalistas (Silva *et al.*, 2016). Estes insetos têm sua morfologia copiada por numerosos organismos, e esse tipo específico de mimetismo é denominado de mirmecomorfia (Hölldobler & Wilson, 1990; Cushing, 1997). Ao se parecer com uma formiga, o organismo mimético obtém diversas vantagens, como evitar um ataque ao confundir o predador; passar despercebido, uma vez que pode se misturar às formigas nas trilhas de forrageamento ou até mesmo pode penetrar no

formigueiro, onde pode se alimentar de imaturos (Silva *et al.*, 2016). Segundo Mclver & Stonedahl (1993), existem mais de 2.000 espécies de artrópodes que utilizam as formigas como modelos miméticos, sendo que centenas dessas espécies mirmecomorfas correspondem no mínimo a 200 gêneros de aranhas e insetos.

Apesar de muitos dos organismos mirmecomorfos copiarem a morfologia de operárias adultas, é também possível encontrar casos que mimetizam larvas de *Eciton* Latreille, 1804, tais como ácaros do gênero *Perperipes* Cross, 1965 (Acari: Pyemotidae); e aquelas que copiam a morfologia de pupas de *Camponotus* Mayr, 1861, como as larvas de moscas do gênero *Microdon* Meigen, 1803 (Diptera: Syrphidae) (ver Mclver & Stonedahl, 1993).

Os organismos mirmecomorfos geralmente reproduzem padrões de cor, textura da cutícula, forma, tamanho, além de algumas características comportamentais e químicas das formigas (Mclver & Stonedahl, 1993). Aranhas utilizam o mimetismo e a camuflagem para serem mais eficientes na captura de suas presas, o que pode incluir formigas, e também para evitarem a sua própria predação. Entre esses mecanismos, a mirmecomorfia é um dos mais poderosos (Théry & Casas, 2009). Pelo menos nove famílias de aranhas apresentam espécies mirmecomorfas, incluindo Corinnidae, Gnaphosidae, Lycosidae e Salticidae, entre outras (Mclver & Stonedahl, 1993; Cushing, 2012). Como diferenças morfológicas mais evidentes entre Araneae e Formicidae, podemos destacar a tagmose, número de pernas, presença/ausência de antenas (as formigas, como os demais Hymenoptera, possuem antenas geniculadas características), pecíolo (segmento abdominal II, exclusivo das formigas), além de características químicas, como hidrocarbonetos cuticulares (Ruppert *et al.*, 2005). Para driblar essas diferenças, as aranhas mimetizam caracteres morfológicos, comportamentais e químicos de formigas (Sherratt, 2017; Uma *et al.*, 2013). Podemos apontar nas aranhas miméticas o alargamento das quelíceras ou outras adaptações, como a forma, a posição e o movimento assumido dos pedipalpos e do

primeiro par de pernas que, às vezes, imitam os de uma antena de formiga, além do alongamento do segundo par de pernas, que é movido como se fosse uma antena (Cushing, 2012). Formigas e aranhas costumam reagir de forma muito diferente à perturbação e isso pode conferir proteção às aranhas mirmecomorfas: enquanto muitas formigas reagem agressivamente, as aranhas costumam se esconder, evitando a ameaça (Cushing, 1997).

Uma única espécie de aranha é capaz de mimetizar mais de um grupo de formigas: como, por exemplo, *Castianeira rica* Reiskind, 1969 (Corinnidae: Castaneirinae) apresenta um dimorfismo sexual tão marcado que os machos mimetizam operárias dos gêneros *Atta* Fabricius, 1804 ou *Odontomachus* Latreille, 1804; enquanto as fêmeas mimetizam operárias de Ponerinae (Reiskind, 1970). As aranhas também podem alterar seus modelos de imitação de acordo com seu desenvolvimento e sua maturidade, através de mimetismo transformacional (Reiskind, 1970; Jackson & Drummond, 1974).

O estudo das aranhas miméticas de formigas e de seus modelos fornece informações que podem auxiliar

no entendimento das relações ecológicas e evolutivas que sustentam o mimetismo (Cushing, 1997). O objetivo deste estudo é apresentar as aranhas miméticas de formigas da coleção de Formicidae do Laboratório de Mirmecologia do Centro de Pesquisas do Cacau/Comissão Executiva da Lavoura Cacaueira (CEPEC/CEPLAC) – com seus respectivos modelos possíveis, considerando aquelas depositadas nesta coleção.

## MATERIAL E MÉTODOS

As aranhas estudadas fazem parte do acervo da Coleção CPDC do Laboratório de Mirmecologia do CEPEC, em Ilhéus, estado da Bahia, Brasil. Elas foram coletadas em diversos municípios do sul da Bahia ou, em raras oportunidades, em outras localidades do Brasil e do Peru (Tabela 1). Alguns indivíduos foram coletados durante pesquisa específica que originou este estudo através de armadilhas de queda ou, manualmente, quando avistadas forrageando. As localidades de coleta estão indicadas na Tabela 1, conforme as informações disponíveis nas etiquetas dos espécimes da coleção.

Tabela 1. Número de espécimes de aranhas por localidade.

(Continua)

Município	Família: Gêneros	Indivíduos por localidade
Belmonte, Bahia (15° 51' 37" S; 38° 52' 45" W)	Corinnidae: <i>Myrmecium</i> sp.	6
Cruz das Almas, Bahia (12° 39' 57" S; 39° 06' 14" W)	Salticidae: <i>Synemosyna</i> sp., <i>Zuniga</i> sp.	7
Ilhéus, Bahia (14° 44' 04" S; 39° 10' 59" W)	Araneidae: <i>Micrathena</i> sp. Corinnidae: <i>Castianeira</i> sp., <i>Myrmecium</i> sp., <i>Myrmecotypus</i> sp., <i>Sphecotypus niger</i> (Perty, 1833) Salticidae: aff <i>Sarinda</i> sp., <i>Synemosyna</i> sp., <i>Zuniga</i> sp. Thomisidae: <i>Bucranium taurifrons</i> (O. Pickard-Cambridge, 1881)	49
Itabuna, Bahia (14° 47' 19" S; 39° 25' 18" W)	Araneidae: <i>Micrathena</i> sp. Corinnidae: <i>Myrmecium</i> sp. Salticidae: <i>Zuniga</i> sp.	6
Nilo Peçanha, Bahia (13° 36' 17" S; 39° 06' 32" W)	Salticidae: <i>Synemosyna</i> sp.	1
Una, Bahia (15° 17' 46" S; 39° 04' 23" W)	Corinnidae: <i>Myrmecium</i> sp., <i>Myrmecotypus</i> sp., Salticidae: <i>Synemosyna</i> sp., <i>Zuniga</i> sp.	23

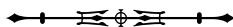


Tabela 1.

(Conclusão)

Município	Família: Gêneros	Indivíduos por localidade
Mascote, Bahia (15° 40' 00" S; 39° 25' 41" W)	Salticidae: <i>Synemosyna</i> sp. Corinnidae: <i>Myrmecium</i> sp.	2
Linhares, Espírito Santo (19° 03' 04" S; 41° 07' 39" W)	Araneidae: <i>Micrathena</i> sp. Corinnidae: <i>Myrmecotypus</i> sp., <i>Myrmecium</i> sp.	7
Porto Trombetas, Oriximiná, Pará (01° 25' 43" S; 56° 20' 05" W)	Salticidae: <i>Synemosyna</i> sp.	1
Santa Luzia do Itanhy, Sergipe (11° 21' 14" S; 37° 27' 29" W)	Corinnidae: <i>Mazax</i> sp.	1
Madre de Dios (sem localidade), Peru (10° 47' 54" S; 74° 45' 49" W)	Corinnidae: <i>Myrmecotypus</i> sp.	1
Total de municípios: 11		Total de indivíduos: 104

Para a confecção das pranchas, foram capturadas imagens em vista dorsal e lateral dos espécimes aqui apresentados, através do sistema de captura de imagens composto por estereomicroscópio binocular Multifocus Leica DMC2900 + câmera + *software* Leica Automontage System (LAS) versão 4.4, no Laboratório de Mirmecologia do CEPEC/CEPLAC. As imagens capturadas receberam tratamento através do programa de edição de imagens Photoshop 7.0.1, e a identificação dos espécimes de aranhas foi realizada no Instituto Butantan, em São Paulo, estado de São Paulo, onde parte do material biológico foi depositada.

O reconhecimento do padrão mimético baseou-se na comparação de critérios morfológicos. Cada espécime de aranha presumidamente mimético de uma formiga foi comparado com Formicidae do acervo da CPDC e também com imagens disponíveis no AntWeb (2020), para estudar comparativamente a morfologia. Os espécimes de aranhas que mimetizam cada gênero de formiga foram quantificados. Quando necessária, a ocorrência das formigas-modelo foi verificada nas localidades onde o mimético foi capturado, com o auxílio de AntMaps (2020).

## RESULTADOS

Analisamos um total de 104 espécimes de aranhas miméticas de formigas, referentes a quatro famílias

e 11 gêneros, aqui indicados: *Micrathena* Sundevall, 1833 (Araneidae Clerck, 1757); *Castianeira* Keyserling, 1879; *Mazax* Pickard-Cambridge, 1898; *Myrmecium* Latreille, 1824; *Myrmecotypus* Pickard-Cambridge, 1894; *Sphecotypus* Pickard-Cambridge, 1895 (Corinnidae Karsch, 1880); aff. *Sarinda* Peckham & Peckham, 1892; aff. *Simprulla* Simon, 1901; *Synemosyna* Hentz, 1846; *Zuniga* Peckham & Peckham, 1892 (Salticidae Blackwall, 1841); e *Bucranium* Pickard-Cambridge, 1881 (Thomisidae Sundevall, 1833) (Tabela 2).

Para determinação do modelo mimético exibido pelas aranhas, definimos caracteres morfológicos presentes nas formigas frequentemente copiados pelas aranhas, tais como alongamento do corpo, estrutura do pedicelo, variação no formato do abdômen (Cushing, 2012) e, em seguida, comparamos com aqueles caracteres observados nas aranhas. Essas observações estão apresentadas na Tabela 3.

As formigas utilizadas como modelo mimético pelas aranhas estudadas correspondem aos gêneros *Camponotus*; *Cephalotes* Latreille, 1802; *Crematogaster* Lund, 1831; *Dolichoderus* Lund, 1831; *Eciton*; *Neoponera* Emery, 1901 e *Pseudomyrmex* Lund, 1831 (Figuras 1-8). Entre esses, o modelo mais comum corresponde claramente a operárias do gênero *Neoponera*, Ponerinae Lepeletier de Saint-Fargeau, 1835 (Figuras 6 e 7).

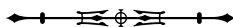


Tabela 2. Relação entre gêneros de aranhas e seus modelos miméticos.

Família (aranhas)	Gênero (aranhas)	Possível modelo mimético (formigas)	Total de espécimes examinados (aranhas)	Porcentagem de espécimes (aranhas - %)
Araneidae Corinnidae: Castaneirinae	<i>Micrathena</i> sp.	<i>Cephalotes</i>	7	100
	<i>Castianera</i> sp.	<i>Neoponera</i>	1	100
	<i>Mazax</i> sp.	<i>Neoponera</i>	1	100
	<i>Myrmecium</i> sp.1	<i>Dolichoderus</i>	10	23,3
	<i>Myrmecium</i> sp.2	<i>Crematogaster</i>	3	7,0
	<i>Myrmecium</i> sp.3	<i>Eciton</i>	30	69,8
	<i>Myrmecotypus</i> sp.1	<i>Camponotus</i>	2	28,6
	<i>Myrmecotypus</i> sp.2	<i>Neoponera</i>	5	71,4
	<i>Sphecotypus niger</i>	<i>Neoponera</i>	5	100
Salticidae: Synemosyninae	aff. <i>Sarinda</i> sp.	<i>Crematogaster</i>	1	100
	aff. <i>Simprulla</i> sp.	<i>Camponotus</i>	1	100
	<i>Synemosyna</i> spp.	<i>Pseudomyrmex</i>	12	100
	<i>Zuniga</i> sp.1	<i>Camponotus</i>	11	44
	<i>Zuniga</i> sp.2	<i>Neoponera</i>	14	56
Thomisidae: Apanthochilinae	<i>Bucranium taurifrons</i>	<i>Cephalotes</i>	1	100

Tabela 3. Características das formigas imitadas por aranhas.

Caractere da formiga	Caractere imitado pela aranha	Gênero de aranha que apresenta o caractere
Pecíolo ou Pecíolo + pós-pecíolo	Alongamento do pedicelo	<i>Myrmecium</i> sp.3, <i>Myrmecotypus</i> sp.2, <i>Synemosynia</i> sp.1 e sp. 3
	Coloração contrastante que delinea uma "constricção" no abdômen	<i>Synemosynia</i> sp.2, <i>Zuniga</i> sp.1
	Espinho na porção dorsal anterior do abdômen	<i>Mazax</i> sp.
	Constricção no abdômen	<i>S. niger</i> , <i>Zuniga</i> sp. 1, <i>Synemosynia</i> sp.1 e sp.3
	Constricção no cefalotórax (mimetismo reverso)	<i>Micrathena</i> sp.
Cabeça + alitrongo	Constricção no cefalotórax	<i>Myrmecium</i> sp.2, aff. <i>Sarinda</i> sp., <i>Myrmecium</i> sp.1, <i>Myrmecium</i> sp.3, <i>Myrmecotypus</i> sp.2
	Revestimento contrastante que delinea uma "separação" no cefalotórax	aff. <i>Sarinda</i> sp., <i>Synemosynia</i> sp.3 e sp.4
	Abdômen alargado em relação à região cefálica (mimetismo reverso)	<i>Micrathena</i> sp.
Formas do corpo	Estreitamento do corpo	Todos (marcante em <i>Synemosynia</i> spp. e discreto em <i>Bucranium taurifrons</i> )
	Alongamento do corpo	Todos (marcante em <i>Synemosynia</i> spp.)
Formas do corpo	Abdômen em formato triangular ou de "coração"	<i>Myrmecium</i> sp.2, aff. <i>Sarinda</i> sp.
	Abdômen arredondado	<i>Myrmecium</i> sp.1, <i>B. taurifrons</i>
	Abdômen alongado e cefalotórax robusto	<i>Myrmecotypus</i> sp.2, <i>S. niger</i> , <i>Zuniga</i> sp.2, <i>Castianeira</i> sp., <i>Mazax</i> sp.
	Pubescência prateada disposta por todo o corpo	<i>Myrmecotypus</i> sp.2, <i>S. niger</i>
	Espinhos	<i>B. taurifrons</i> , <i>Micrathena</i> sp.



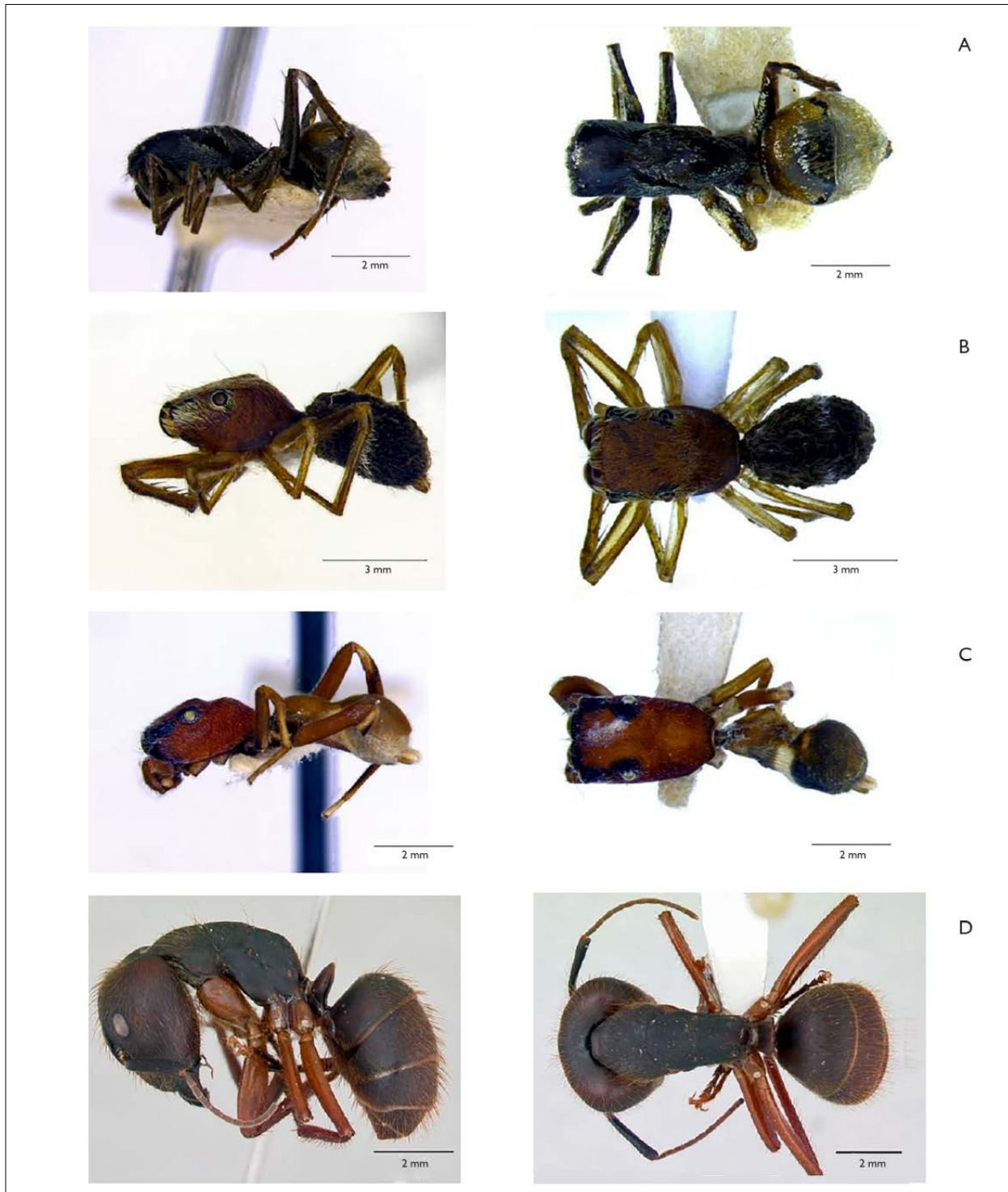


Figura 1. Aranhas Corinnidae: *Myrmecotypus* sp.1 (A) Salticidae: aff. *Simprulla* sp. (B) e *Zuniga* sp.1 (C). Modelo *Camponotus* – representada por *Camponotus rufipes* Fabricius, 1775 (D) (April Nobile, CASENT0173444 de AntWeb, 2020) (à esquerda: vista lateral; à direita: vista dorsal).



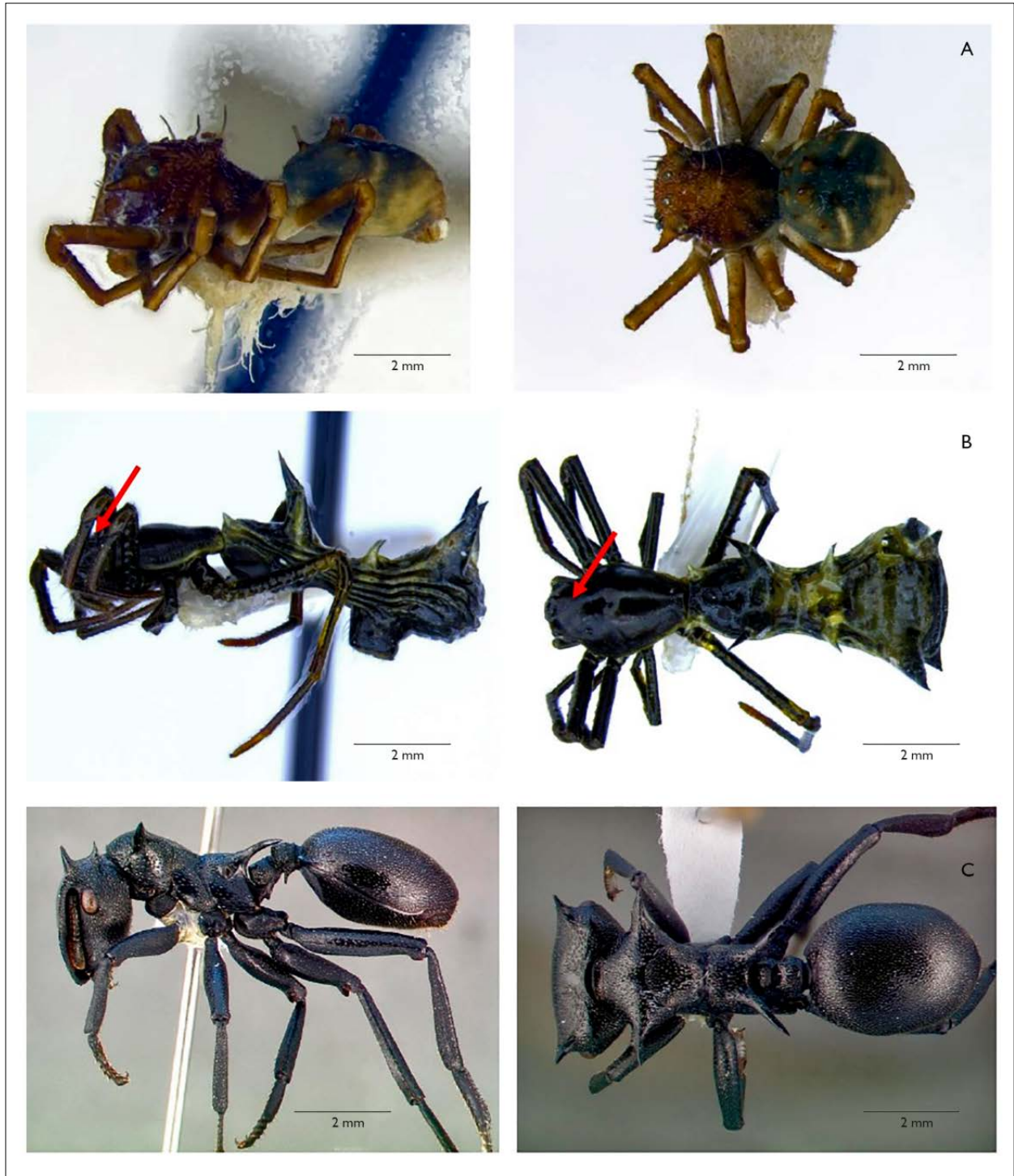


Figura 2. Aranhas Thomisidae: *Buccranium taurifrons* (A), Araneidae: *Micrathena* sp. (B) – a seta indica a região cefálica. Modelo Myrmicinae: *Cephalotes* – representada por *Cephalotes atratus* (Linnaeus, 1758) (C) (April Nobile, CASENT0010675 de AntWeb, 2020) (à esquerda: vista lateral; à direita: vista dorsal).



Figura 3. Aranhas Corinnidae: *Myrmecium* sp.2 (A), aff. *Sarinda* sp. (B). Modelo *Crematogaster* – representada por *Crematogaster limata* Smith, 1858 (C) (Zach Lieberman, CASENT0914571 de AntWeb, 2020) (à esquerda: vista lateral; à direita: vista dorsal).



Figura 4. Aranhas Corinnidae: *Myrmecium* sp.1 (A) Modelo Dolichoderinae: *Dolichoderus* – representada por *Dolichoderus bidens* (Linnaeus, 1758) (B) (Alexandra Westrich, FMNH-IIN50000045058 de AntWeb, 2020) (à esquerda: vista lateral; à direita: vista dorsal).







Figura 5. Aranhas Corinnidae: *Myrmecium* sp. 3 (A). Modelo Dorylinae: *Eciton* – representada por *Eciton burckhelli* (Westwood, 1842) (B) (Will Ericson, CASENTO905936 de AntWeb, 2020) (à esquerda: vista lateral; à direita: vista dorsal).

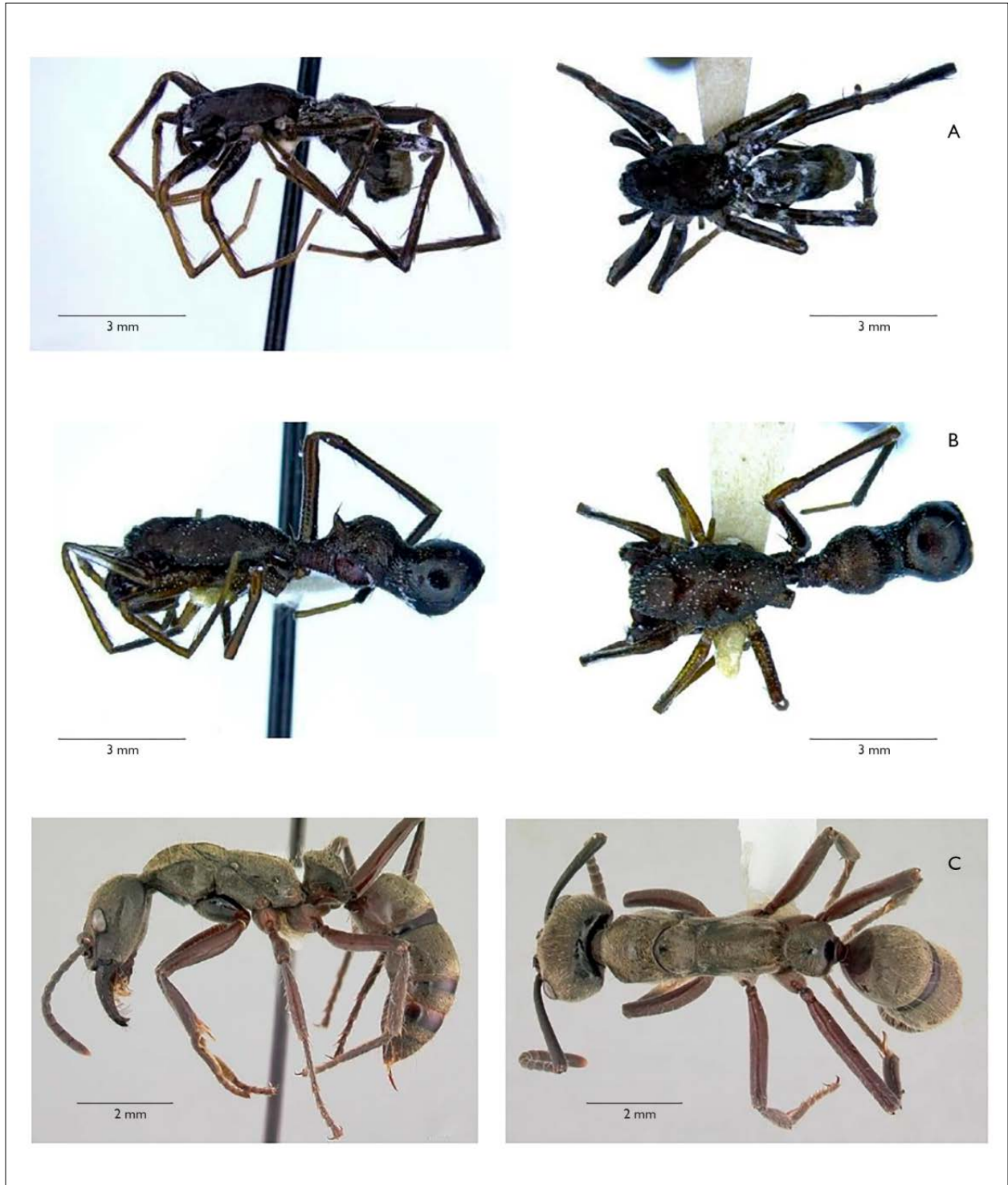


Figura 6. Aranhas Corinnidae: *Castianeira* sp. (A), *Mazax* sp. (B). Modelo *Neoponera* – representada por *Neoponera villosa* (Fabricius, 1804) (C) (April Nobile, CASENT0178188 de AntWeb, 2020) (à esquerda: vista lateral; à direita: vista dorsal).

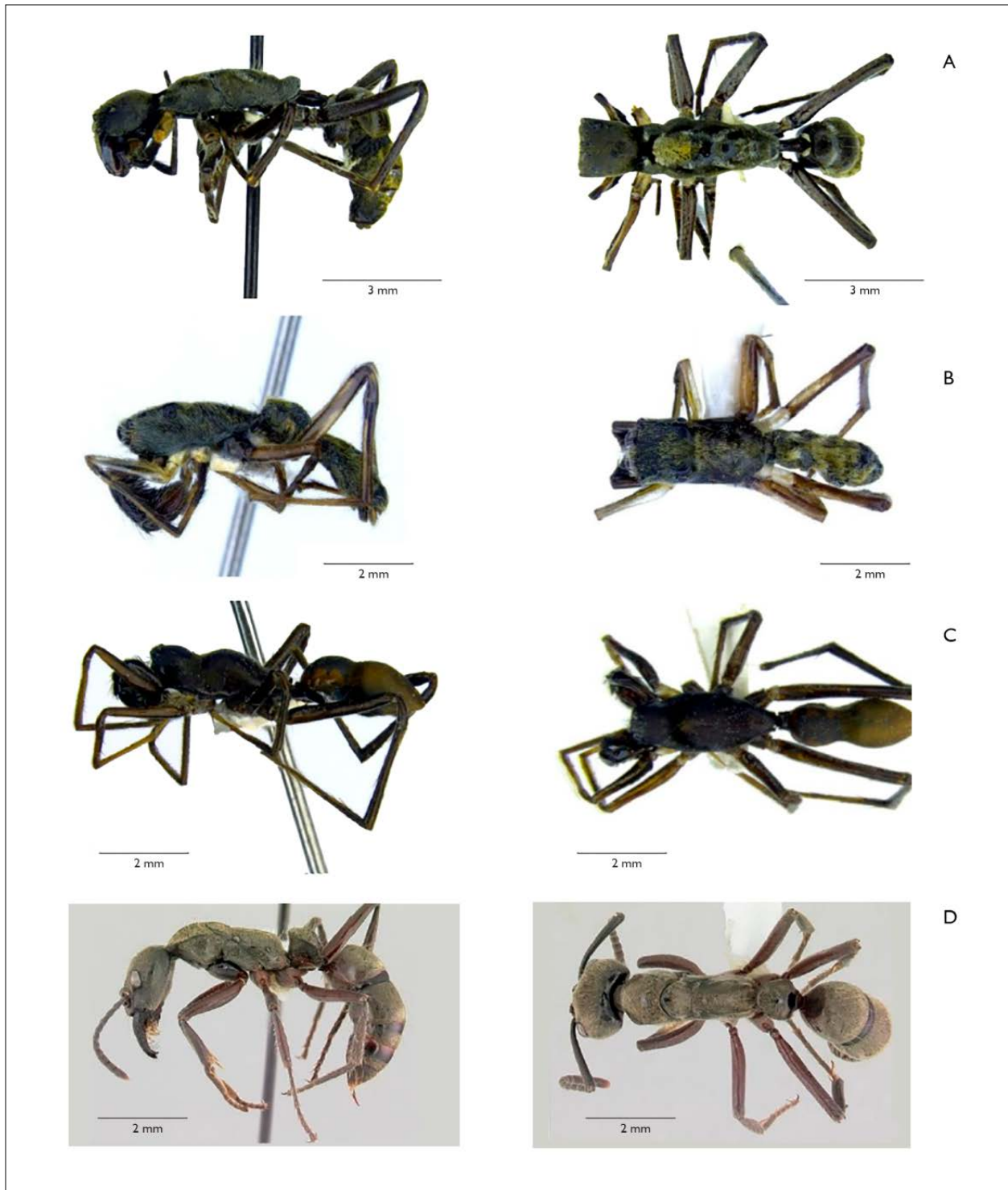


Figura 7. Aranhas Corinnidae: *Myrmecotypus* sp.2 (A), *Sphecotypus niger* (B), Salticidae: *Zuniga* sp.2 (C). Modelo Ponerinae: *Neoponera* – representada por *Neoponera villosa* (D) (April Nobile, CASENT0178188 de AntWeb, 2020) (à esquerda: vista lateral; à direita: vista dorsal).



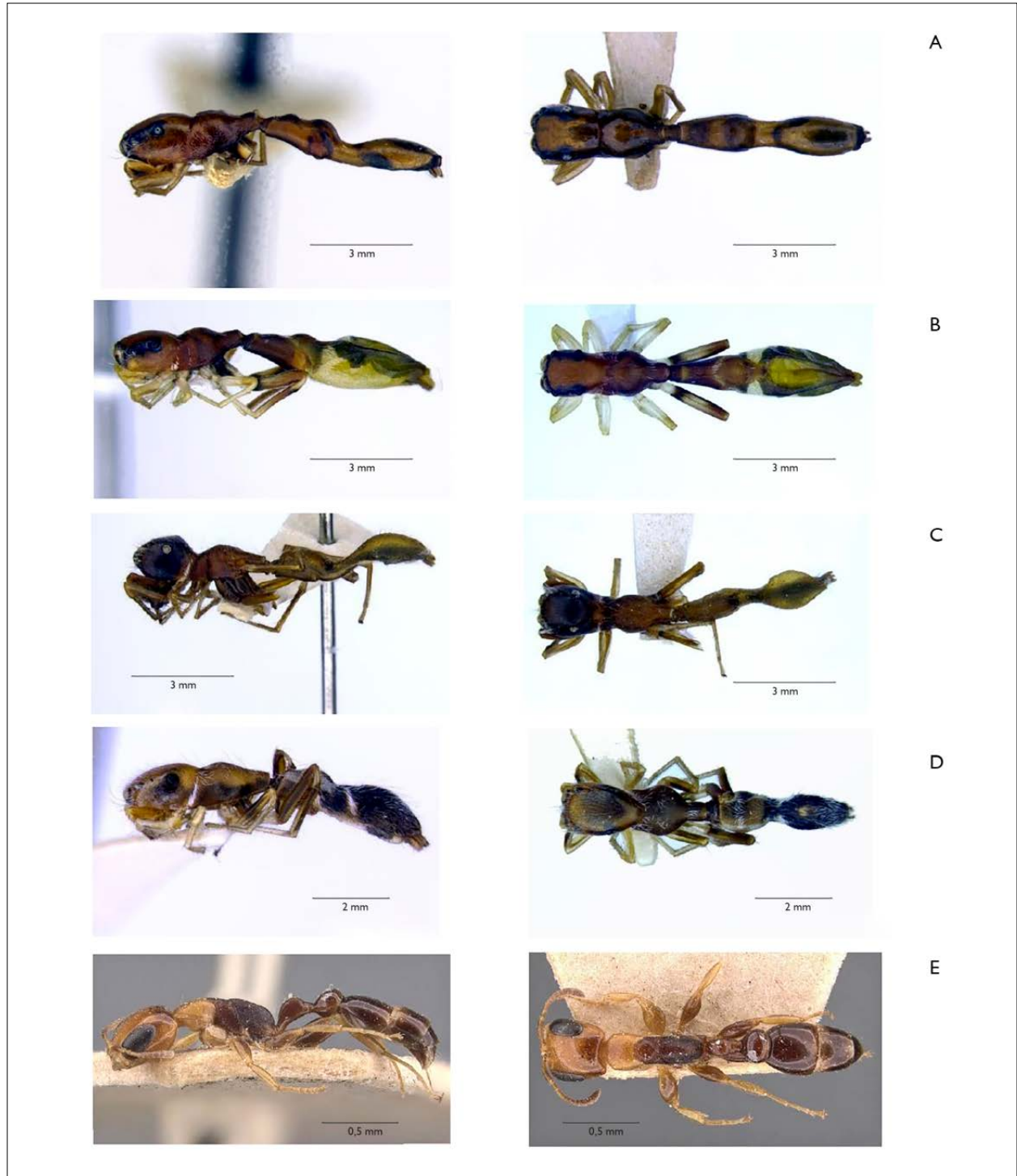


Figura 8. Aranhas Salticidae: *Synemosynia* sp.1 (A), *Synemosynia* sp.2 (B), *Synemosynia* sp.3 (C) e *Synemosynia* sp.4 (D). Modelo Pseudomyrmecinae: *Pseudomyrmex* – representada por *Pseudomyrmex rochai* (E) (Will Ericson, CASENT0907553 de AntWeb, 2020) (à esquerda: vista lateral; à direita: vista dorsal).

Espécies de *Camponotus* são mimetizadas por aranhas dos gêneros *Myrmecotypus*, aff. *Simprulla* e *Zuniga* (Figura 1). *Cephalotes* são mimetizadas por aranhas pertencentes aos gêneros *Micrathena* e *Bucranium* (Figura 2); enquanto *Crematogaster* spp. são mimetizadas por aranhas dos gêneros *Myrmecium* e aff. *Sarinda* (Figura 3). As formigas dos gêneros *Dolichoderus* e *Eciton* são mimetizadas por *Myrmecium* (Figuras 4 e 5), enquanto *Pseudomyrmex* é mimetizado por *Synemosyna* (Figura 8) (Tabela 2).

## DISCUSSÃO

Relacionamos os modelos miméticos às subfamílias Dolichoderinae, Dorylinae, Formicinae, Myrmicinae, Ponerinae e Pseudomyrmecinae. Ponerinae é cosmopolita, mas é mais abundante nas regiões tropicais (Wilson & Hölldobler, 2005). Possui a quarta maior diversidade entre as formigas – 1.253 das 13.676 espécies válidas, de acordo com Bolton (2020) – e agrupa, em sua maioria, formigas predadoras generalistas (Lattke, 2015). Além disso, essas formigas exploram diversos estratos vegetais e realizam o forrageio solitário na maioria dos casos (Lattke, 2015), o que possibilita que a aranha mantenha seu disfarce, sem obrigatoriamente manter contato direto com qualquer operária fora da colônia.

O gênero *Neoponera* representa o modelo mimético mais frequente nos gêneros de aranhas aqui estudadas, utilizado por aranhas de cinco dos 11 gêneros, o que corresponde a 45,4% do material biológico estudado (Figuras 6 e 7). Este gênero de formigas tem uma morfologia que pode ser identificada como o “padrão Ponerinae”, que consiste na fusão do quarto segmento abdominal (Bolton, 2003) e que as aranhas miméticas reproduzem por uma constrição do cefalotórax, sem, no entanto, que exista uma única espécie-modelo óbvia. Esse modelo mimético é extremamente frequente entre as aranhas estudadas e é seguido aqui por aranhas dos gêneros *Myrmecotypus*, *Sphecotypus*, *Zuniga*, *Castianeira* e *Mazax*. Essas aranhas apresentam um mimetismo que qualificamos como “difuso” (“*inacurrate myrmecomorphy*”, segundo a expressão de

Pekár *et al.*, 2011), onde o organismo mimético se assemelha superficialmente, mas sem realmente parecer a um ou a vários modelos possíveis, com características que se assemelham a Ponerinae, mas sem permitir uma atribuição clara a um único modelo de gênero (Figuras 6 e 7).

*Castianeira* sp. e *Mazax* sp., ambas da família Corinnidae, possuem um padrão de forma e cor semelhantes, que resulta em uma morfologia difusa, correspondente ao padrão ora indicado. Em oposição a isso, *Zuniga* sp.2, *Myrmecotypus* sp.2 e *Sphecotypus niger* possuem padrão de forma, cor e pelos na região dorsal bastante semelhante ao encontrado no gênero *Neoponera*, em particular nas espécies *N. inversa* (Smith, 1858), *N. bactronica* (Fernandes, Oliveira & Delabie, 2014) e *N. villosa* (Fabricius, 1804), todas abundantes no local de captura das aranhas (Fernandes *et al.*, 2014) (Figura 7). O gênero *Myrmecotypus* é frequentemente associado às formigas do gênero *Camponotus* (Reiskind, 1970). Porém, os exemplares analisados aqui sugerem mais uma associação com Ponerinae devido a caracteres como o alongamento do abdômen e a pubescência metálica disposta em todo o corpo, comumente observados em algumas espécies de formigas do gênero *Neoponera*.

As formigas dos gêneros *Camponotus* (Yamamoto & Del-Claro, 2008), *Cephalotes* (Powell, 2008), *Crematogaster* (Longino, 2003), *Dolichoderus* (Johnson, 1989) e *Pseudomyrmex* (Dejean *et al.*, 2014) (Formicinae, Myrmicinae, Dolichoderinae e Pseudomyrmecinae, respectivamente) são majoritariamente arborícolas, mas podem ocasionalmente também ocorrer em outros estratos do ambiente. *Camponotus* e *Crematogaster* têm distribuição mundial com diversidade e abundância elevadas na região neotropical, enquanto *Pseudomyrmex* e *Cephalotes* são gêneros restritos às Américas (AntWeb, 2020). Com exceção de *Pseudomyrmex*, todos esses grupos reúnem formigas com colônias numerosas e não agressivas. Já *Camponotus* (Yamamoto & Del-Claro, 2008), *Crematogaster* (Longino, 2003) e *Dolichoderus* (Way, 1963) são frequentemente associadas a algum grupo de invertebrados.

Oliveira (1986, 1988) relacionou espécies de formigas dos gêneros *Camponotus*, *Crematogaster*, *Ectatomma*, *Megalomyrmex* e *Neoponera* como potenciais modelos miméticos para as aranhas do gênero *Myrmecium*. Os exemplares desse gênero, aqui analisados, foram relacionados ao gênero *Eciton*. Estas aranhas, que utilizam *Eciton* como modelo de mimetismo, representam 41,3% dos indivíduos aqui estudados. As formigas *Eciton* são nômades, predadoras e com colônias numerosas (Kronauer, 2009). *Eciton* tem distribuição neotropical e, assim como as Ponerinae dos gêneros *Neoponera* e *Pachycondyla*, são muito agressivas e possuem associação com diversos artrópodes que vivem ou permanecem por curtos períodos em seu ninho (Rettenmeyer *et al.*, 2011; Castaño-Menezes *et al.*, 2015). Este gênero possui a maior diversidade conhecida de associações com animais, com pelo menos 557 animais que se beneficiam de sua presença e aproximadamente 300 destes que dependem destas formigas para sobrevivência (Rettenmeyer *et al.*, 2011).

As aranhas que mimetizam *Eciton* podem ser favorecidas pelo comportamento agressivo dessas formigas, pois as correições realizadas por colônias desta espécie facilitam o deslocamento das aranhas em segurança (Rettenmeyer *et al.*, 2011). Essas correições também permitem a estas últimas participarem do forrageio, visto que ambos os grupos de organismos são predadores.

Finalmente, observamos também a ocorrência de mimetismo reverso em *Micrathena* sp. (Araneidae), onde a região posterior do cefalotórax da aranha sugere a região anterior de seu putativo modelo mimético *Cephalotes*, com seus espinhos característicos (Figura 2B). Apesar de *Micrathena* sp. ser uma aranha sedentária e tecelã de teia orbicular, consequentemente não tão ativa quanto aranhas das famílias Corinnidae e Salticidae, é um organismo obviamente tão conspícuo no ambiente onde se fazem presentes também as “formigas tartarugas”, tais como *Cephalotes atratus*, que possuem comportamento

de forrageio lento e estratégia de defesa contra eventuais predadores baseadas na sua “blindagem” e nos seus espinhos ostensíveis. Esse tipo de mimetismo pode ser observado também em outras aranhas, como *Orsima ichneumon* (Simon, 1901), da família Salticidae, que ocorre na Malásia (Reiskind, 1976; World Spider Catalog, 2020). Esta espécie possui o abdômen modificado, assemelhando-se à região cefálica de uma formiga. Lepidópteros das famílias Lycaenidae e Riodinidae também exibem mimetismo reverso, com falsas cabeças, estreitamento que lembra antenas e falsos olhos. Esses padrões sugerem que a região oral do mímico seja exatamente do lado oposto do corpo (Quicke, 2017).

As características miméticas mais frequentes observadas nas aranhas estudadas aqui são alongamento do corpo, constrições e padrões de coloração ou de pelos em regiões específicas do cefalotórax. A Figura 3 mostra aff. *Sarinda* sp., que possui constrições e pelos que sugerem ao observador a subdivisão do corpo em três tagmas (cabeça, alitrongo e gáster), sendo o último “pseudo-tagma” cordiforme, tal como o gáster de *Crematogaster*, que foi sugerida como seu modelo. Por sua vez, em *Synemosyna* sp., o alongamento e o estreitamento do corpo são particularmente marcantes, como observado no gênero de formiga *Pseudomyrmex* (Figura 8).

Há evidentes diferenças entre os indivíduos miméticos e seus modelos para o olho humano. Entretanto, o fator que impacta na evolução do mimetismo é a percepção da espécie a ser enganada, ou seja, se o predador identificar uma presa através de padrões de cor e textura, essas características podem se tornar fixadas no animal mimético através da seleção natural (Cuthill, 2014). Um fato não explorado aqui, mas que seria merecedor de futuras investigações, é que as Ponerinae representam o grupo de formigas mais antigo da região de estudo e que ainda existe, com representantes desde o Cretáceo (Wilson & Hölldobler, 2005), o que certamente tem favorecido processos coevolutivos entre diversos grupos de aranhas e seus modelos putativos.

## CONCLUSÕES

De forma geral, as formigas utilizadas como modelos miméticos pelas aranhas aqui estudadas são espécies com colônias populosas (salvo *Pseudomyrmex*) e que frequentemente apresentam fauna associada ao formigueiro.

O grupo de formigas mais frequente imitado pelas aranhas miméticas foi aquele representado pelo gênero *Neoponera* (Ponerinae). Talvez porque essas são formigas frequentes nos ambientes amostrados, predadoras (assim como as aranhas), e que exploram ativamente todos os habitats ao seu alcance e se defendem agressivamente. As características miméticas mais frequentes nas aranhas são constrições e padrões de coloração ou de pelos em regiões específicas do cefalotórax, que induzem à percepção pelo observador de um terceiro tagma similar ao que possuem as formigas (com cabeça, alitrônco e gáster), além do alongamento e estreitamento do corpo.

Mimetizar espécies que possuem associação com outros animais pode ser uma boa oportunidade para a aranha, que tem mais chances de se aproximar das presas ou de circular no território das formigas, sem que elas o identifiquem como predador.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por financiar a elaboração desse trabalho, e ao Laboratório de Mirmecologia do CEPEC/CEPLAC, por disponibilizar material e equipamentos fundamentais à elaboração desse trabalho. A BC, IM, (UESC); BJB e alunos da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF); LSB e RQM, do Laboratório de Artrópodes Sociais (LABAS/UESC), pela disponibilização de diversos espécimes. Os autores ADB (grant PQ 303903/2019-8), JHCD (grant CNPq) e CSFM (grant PQ 307859/2018-5) agradecem as bolsas de pesquisa CNPq.

## REFERÊNCIAS

ANTMAPS, 2020. Disponível em: <http://antmaps.org/>. Acesso em: 9 janeiro 2020.

ANTWEB, 2020. Disponível em: <http://www.antweb.org>. Acesso em: 9 janeiro 2020.

BOLTON, B., 2003. Synopsis and classification of Formicidae. **Memoirs of the American Entomological Institute** 71: 1-370.

BOLTON, B., 2020. **AntCat**: an online catalog of the ants of the world. Disponível em: <http://www.antcat.org>. Acesso em: 10 janeiro 2020.

CASTAÑO-MENEZES, G., J. G. PALACIOS-VARGAS & A. F. R. CARMO, 2015. Colêmbolos e outros inquilinos de formigueiros de poneromorfas. In: J. H. C. DELABIE, R. M. FEITOSA, J. E. SERRÃO, C. S. F. MARIANO & J. D. MAJER (Ed.): **As formigas poneromorfas do Brasil**: 389-401. Editus, Ilhéus.

CUSHING, P. E., 1997. Myrmecomorphy and myrmecophily in spiders: a review. **The Florida Entomologist** 80(2): 165-193. DOI: <https://doi.org/10.2307/3495552>.

CUSHING, P. E., 2012. Spider-ant associations: an updates review of Myrmecomorphy, Myrmecophily and Myrmecophagy in spiders. **Psyche** 2012: 151989. DOI: <https://doi.org/10.1155/2012/151989>.

CUTHILL, I. C., 2014. Evolution: the mystery of imperfect mimicry. **Current Biology** 24(9): 364-366. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.04.006>.

DEJEAN, A., N. LABRIÈRE, A. TOUCHARD, F. PETITCLERC & O. ROUX, 2014. Nesting habits shape feeding preferences and predatory behavior in an ant genus. **The Science of Nature** 101(4): 323-330. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00114-014-1159-1>.

EDMUNDS, M., 2000. Why are there good and poor mimics? **Biological Journal of the Linnean Society** 70(3): 459-466. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2000.tb01234.x>.

FERNANDES, I. O., M. L. OLIVEIRA & J. H. C. DELABIE, 2014. Description of two new species in the Neotropical *Pachycondyla foetida* complex (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae) and taxonomic notes on the genus. **Myrmecological News** 19: 133-163.

HÖLLDOBLER, B. & E. O. WILSON, 1990. **The Ants**: 1-732. Harvard University Press, Cambridge.

JACKSON, J. F. & B. A. DRUMMOND, 1974. A batesian ant-mimicry complex from the Mountain Pine Ridge of British Honduras, with an example of transformational mimicry. **The American Midland Naturalist** 91(1): 248-251. DOI: <https://doi.org/10.2307/2424528>.

JOHNSON, C., 1989. Identification and nesting sites of North American of *Dolichoderus* Lund (Hymenoptera: Formicidae). **Insecta Mundi** 3(1): 1-9.

KRONAUER, D. J. C., 2009. Recent advances in army ant biology (Hymenoptera: Formicidae). **Myrmecological News** 12: 51-65.



- LATTKE, J. E., 2015. Estado da arte sobre a taxonomia e filogenia de Ponerinae do Brasil. In: J. H. C. DELABIE, R. M. FEITOSA, J. E. SERRÃO, C. S. F. MARIANO & J. D. MAJER (Ed.): **As formigas poneromorfas do Brasil**: 55-73. Editus, Ilhéus.
- LONGINO, J. T., 2003. The *Crematogaster* (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) of Costa Rica. **Zootaxa** 151: 1-150. DOI: <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.151.1.1>.
- MCIVER, J. D. & G. STONEDAHL, 1993. Myrmecomorphy: morphological and behavioral mimicry of ants. **Annual Review of Entomology** 38(1): 351-377. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.38.010193.002031>.
- OLIVEIRA, P. S., 1986. Ant-mimicry in some spiders from Brazil. **Bulletin de la Société zoologique de France** 111(3-4): 297-311.
- OLIVEIRA, P. S., 1988. Ant-mimicry in some Brazilian salticid and clubionid spiders (Araneae: Salticidae, Clubionidae). **Biological Journal of the Linnean Society** 33: 1-15.
- PEKÁR, S., M. JARAB, L. FROMHAGE & M. E. HERBERSTEIN, 2011. Is the evolution of inaccurate mimicry a result of selection by a suite of predators? A case study using myrmecomorphic spiders. **The American Naturalist** 178(1): 124-34. DOI: <https://doi.org/10.1086/660287>.
- POWELL, S., 2008. Ecological specialization and the evolution of a specialized caste in *Cephalotes* ants. **Functional Ecology** 22(5): 902-911 DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2008.01436.x>.
- QUICKE, D. L. J., 2017. **Mimicry, crypsis, masquerade and other adaptive resemblances**: 1-576. Wiley Blackwell, Hoboken, NJ.
- REISKIND, J., 1976. *Orsima formica*: a Bornean salticid mimicking an insect in reverse. **Bulletin British Arachnological Society** 3(8): 235-236.
- REISKIND, J., 1970. Multiple mimetic forms in an ant-mimicking clubionid spider. **Science** 169(3945): 587-588. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.169.3945.587>.
- RETTENMEYER, C. W., M. E. RETTENMEYER, J. JOSEPH & S. M. BERGHOFF, 2011. The largest animal association centered on one species: the army ant *Eciton burchellii* and its more than 300 associates. **Insectes Sociaux** 58(3): 281-292. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-010-0128-8>.
- RUPPERT, E. E., R. S. FOX & R. D. BARNES, 2005. **Zoologia dos invertebrados**: 1-1145. Editora Roca, São Paulo.
- SHERRATT, T. N., 2017. Behavioural ecology: spiders play the imitation game. **Current Biology** 27(19): 1074-1076. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.08.021>.
- SILVA, A. F., Y. C. CARVALHO & S. S. S. BRUGIOLO, 2016. Parece, mas não é: uma aranha disfarçada de formiga no Jardim Botânico da Universidade Federal de Juiz de Fora. **Revista Brasileira de Zociências** 17(2): 39-41.
- THÉRY, M. & J. CASAS, 2009. The multiple disguises of spiders: web colour and decorations, body colour and movement. **Philosophical Transactions of the Royal Society. Biological Sciences** 64(1516): 471-480. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0212>.
- UMA, D., C. DURKEE, G. HERZNER & M. WEISS, 2013. Double deception: ant-mimicking spiders elude both visually- and chemically-oriented predators. **PLoS One** 8(11): 79660. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079660>.
- WAY, M. J., 1963. Mutualism between ants and honeydew producing homoptera. **Annual Review of Entomology** 8: 307-344. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.08.010163.001515>.
- WILSON, E. O. & B. HÖLLDOBLER, 2005. The rise of the ants: a phylogenetic and ecological explanation. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 102(21): 7411-7414. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0502264102>.
- WORLD SPIDER CATALOG, 2020. **World Spider Catalog**. Version 21.0. Natural History Museum Bern. Disponível em: <http://wsc.nmbe.ch>. Acesso em: 20 Março 2020. DOI: <https://doi.org/10.24436/2>.
- YAMAMOTO, M. & K. DEL-CLARO, 2008. Natural history and foraging behavior of the carpenter ant *Camponotus sericeiventris* Guérin, 1938 (Formicidae: Camponotini) in the Brazilian tropical savanna. **Acta Ethologica** 11: 55-65. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10211-008-0041-6>.





**Description using ultramorphological techniques of the infection of *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. in larvae and adults of *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae)**  
**Descrição utilizando técnicas ultramorfológicas da infecção por *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. em larvas e adultos de *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae)**

Raphael Vacchi Travaglini<sup>I</sup>  | Luiz Carlos Forti<sup>I</sup>  | Andre Arnosti<sup>II</sup>  | Luis Eduardo Pontes Stefanelli<sup>I</sup>  | Allan Roberto Fernandes Ferreira<sup>III</sup> | Roberto da Silva Camargo<sup>I</sup>  | Maria Izabel Camargo-Mathias<sup>II</sup> 

<sup>I</sup>Universidade Estadual Paulista. Botucatu, São Paulo, Brasil

<sup>II</sup>Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, São Paulo, Brasil

<sup>III</sup>Fundação Hermínio Ometto. Araras, São Paulo, Brasil

**Abstract:** Leaf-cutting ants, whose name comes from the habit of cutting leaves and other parts of plants, are dominant herbivores in the Americas, attacking different crops to keep symbiotic fungi (their main food source) in the colony. These ants are soil inhabitants, an environment rich in microorganisms, many of which are considered entomopathogenic. In order to describe a kind of microbial biological control of these ants through histological techniques, we used the fungus *Beauveria bassiana* (Bals.- Criv.) Vuill. Larvae and adult workers of *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758) were exposed to a fungal suspension with the concentration of 10<sup>6</sup>/conidia/mL. The specimens were adequately prepared to describe the behavior of the fungus on the integument at 24, 48 and 72 hours after initial exposure. Some specimens were used to represent these periods, being properly processed for scanning electron microscopy, which was applied to document the fungus development on the surface of the insect integument. To better understand the dynamics of the fungal infection, from the conidial adhesion to the potential colonization of the insides of the insect, the histological technique with HE staining was applied. The results showed that, in immature individuals, the hyphal penetration of *B. bassiana* fungi into the insect integument occurred in 48 h.

**Keywords:** Leaf-cutter ants. Immature. Biological control. Entomopathogenic fungi.

**Resumo:** As formigas cortadeiras, cujo nome deriva do hábito de cortar folhas e outras partes de plantas, são herbívoros dominantes nas Américas, atacando diferentes culturas para manter o fungo simbiótico (principal fonte de alimento) na colônia. Habitam o solo, ambiente rico em microorganismos, muitos dos quais são considerados entomopatogênicos. Para descrever um tipo de controle biológico microbiano nessas formigas, através de técnicas histológicas, utilizou-se o fungo *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill., aplicado em larvas e trabalhadores adultos de *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758), que foram expostos a uma suspensão de fungos com a concentração de 10<sup>6</sup>/conídios/mL. Foram adequadamente preparados para descrever o comportamento do fungo no tegumento às 24, 48 e 72 horas após a exposição inicial. Alguns indivíduos foram utilizados para representar esses períodos, sendo processados adequadamente para realizar a técnica do microscópio eletrônico de varredura para documentar o desenvolvimento do fungo na superfície do tegumento do inseto. Para entender melhor a dinâmica da infecção fúngica, desde a adesão dos conídios até a potencial colonização no interior do inseto, foi aplicada a técnica histológica com coloração com HE. Os resultados mostraram que, em indivíduos imaturos, a penetração das hifas de *B. bassiana* no tegumento do inseto ocorreu em 48 h.

**Palavras-chave:** Formiga cortadeira. Imaturos. Controle biológico. Fungo entomopatogênico.

TRAVAGLINI, R. V., L. C. FORTI, A. ARNOSTI, L. E. P. STEFANELLI, A. R. F. FERREIRA, R. S. CAMARGO & M. I. CAMARGO-MATHIAS, 2020. Description using ultramorphological techniques of the infection of *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. in larvae and adults of *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(1): 101-111. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.201>.

Autor para correspondência: Raphael Vacchi Travaglini. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrônômicas. Departamento de Proteção de Plantas. Fazenda Lageado, 1780. Rua Dr. José Barbosa de Barros – Jardim Paraíso. Botucatu, SP, Brasil. CEP 18610-034 ([raphaelvacchitravaglini@gmail.com](mailto:raphaelvacchitravaglini@gmail.com)).

Recebido em 16/10/2019

Aprovado em 28/02/2020

Responsabilidade editorial: Rony Peterson Santos Almeida



## INTRODUCTION

The leafcutter ants of the genus *Atta*, popularly known as *saúvas*, are considered important agriculture pests, defoliating crops and causing losses to livestock breeding and silviculture (Della Lucia & Vilela, 1993, p. 262). Although there are several strategies and control methods in the literature (Zanetti *et al.*, 2014), chemical bait granules are currently the most widely used (Britto *et al.*, 2016). This method, despite being practical and efficient, presents inconveniences, such as the contamination of the environment and the release of toxic agents that can directly affect human health when misapplied (Boaretto & Forti, 1997; Loureiro & Monteiro, 2005). In addition, the forest certification entities have limited the exportation of products with proven toxicity, this fact stimulates the development of studies aiming to find efficient and, at the same time, sustainable methods to control pest insects, as is the case of biological control (Isenring & Neumeister, 2010; Ribeiro *et al.*, 2012), although this issue was overcome in the last Stockholm convention to persistent organic pollutants.

The fact is that several laboratory studies realized look for mortality and virulence by entomopathogenic fungal species and the results are encouraging in this level. As an example, the pathogenic potential of many species of fungus *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* Metsch have caused death when applied on workers and soldiers of *Atta sexdens* and *Atta bisphaerica* Forel, 1908 ants to foster a biological control (Alves & Sosa-Gómez, 1983; Castilho *et al.*, 2010; Travaglini *et al.*, 2016).

Tests investigating the action of microorganisms to combat leaf-cutter ants have provided different results, depending on the caste and application method (Diehl-Fleig *et al.*, 1988). According to Alves (1998, p. 1163), the insect infection occurs via integument, including the natural openings, noting that the entomopathogenic fungi infect different developmental stages of the insects (egg, larva, pupa and adult), a useful characteristic in matters of control. According to Arnosti *et al.* (2016, 2019) and Travaglini *et al.* (2016), who studied *Diaphorina citri* Kuwayama

(Hemiptera: Liviidae) exposed to the fungus *Isaria fumosorosea* ESALQ-1296, and leaf-cutter ants exposed to several fungi, respectively, the conidia adhesion site on the insect's body would directly influence the germination success.

Other studies using entomopathogenic fungi for biological control showed that proteases enzymes, aminopeptidases, esterases and chitinases would be produced in large amounts by *M. anisopliae* and *B. bassiana* (St. Leger *et al.*, 1986). These enzymes would modify the structure of the integument in grasshoppers, allowing the hypha to penetrate the insect's body (Bidochka & Small, 2005, p. 28-50).

Thus, considering these data and aiming to investigate efficient and sustainable strategies to control the proliferation of leaf-cutter ants (important agriculture pests), the present study had the objective to demonstrate, through histological techniques, documenting in pictures the *B. bassiana* development on surface of the insect integument both larvae (immature) and workers (adults) of *A. sexdens* for showing the penetration of fungus hyphae, and how the structural organization and the morphophysiology of the integument would be affected.

## MATERIALS AND METHODS

### COLLECTION OF *A. sexdens* LARVAE AND WORKERS

The larvae and forager workers of *A. sexdens* used in this experiment were obtained from the colony of the Laboratory of Social-Pest Insects, located in *Fazenda Experimental Lageado* of the Agronomic Sciences Faculty - UNESP-Botucatu, SP, Brazil, latitude (22° 50' 48" S), longitude (48° 26' 06" W) and altitude (817,74 m), according to the methodology proposed by Forti *et al.* (1994), and maintained under controlled conditions (Relative humidity % 75 ± 10, Temperature °C 25 ± 2). Annually the ants' queens are collected after the nuptial flight or three months after this period, already with some workers and a fragment of the symbiont fungus, with shovels and spoons and put in containers, where they are

transported from the field to the laboratory and continue to receive daily care and fed with leaves.

#### COLLECTION OF *Beauveria bassiana* ISOLATE

The isolated fungi used in this study were collected from *A. sexdens* dead queens from the Laboratory of Fungal Ecology and Systematics (*Laboratório de Ecologia e Sistemática de Fungos* - LESF), placed on São Paulo State University (UNESP), Institute of Biosciences, Rio Claro, SP, Brazil. After inoculation, the isolates were multiplied in 5-cm Petri dishes containing malt agar (2%), covered with plastic film and maintained in Biochemical Oxygen Demand (BOD) (temperature  $\pm 25$  °C), for fifteen days, the period of time needed for the emergence of conidia. Serial transfer was performed 15 days after inoculation.

#### PREPARATION OF THE SUSPENSION TO APPLY *B. bassiana*

To prepare the suspension, 10 mL of distilled water + Tween 80® at 0.001% were added to one of the Petri dishes. Then, the conidia were counted in a Neubauer chamber under bright field light microscope to obtain the concentration of  $10^6$  conidia/mL. For exposure of individuals to the suspension of conidia, the fungus *B. bassiana* replicated in petri dishes each 15 days were removed from its culture PDA+ malt agar (2%), as previously described and adjusted to  $10^6$  conidia/mL in order to standardize the exposure of individuals isolated in 250 ml plastic containers or Petri dishes, in the larvae case, which were removed in different time periods of 24, 48 and 72 hours, and fixed in paraformaldehyde (4%) for monitoring with the use of different ultramorphological techniques Scanning Electron Microscopy (SEM) and hematoxylin and eosin (HE) as described in the sequence.

#### PATHOGENICITY BIOASSAYS WITH WORKERS (ADULT)

The worker ants were classified according to the cephalic capsule measurement 2 mm and individually immersed for three seconds in the fungal suspensions using entomological

tweezers, according to the protocol described by Loureiro & Monteiro (2005). After, the ants were transferred to plastic pots (250 mL) containing cotton wetted with water. Two groups were established for the bioassays: a control group, formed by individuals not exposed to the fungus; *i.e.*, immediately fixed for the application of the histological techniques and SEM after being collected; and treatment group, comprising the workers exposed to the fungal suspension for 24, 48 and 72 hours.

#### PATHOGENICITY BIOASSAYS WITH LARVAE (IMMATURE)

Larvae of *A. sexdens* were topically exposed to the fungal suspension ( $10^6$  conidia/mL), using a micropipette (1  $\mu$ L) according to the protocol described by Broome *et al.* (1976). After the exposure, the larvae were transferred to sterile Petri dishes covered with wetted filter paper and maintained at 25 °C in the laboratory environment (*Laboratório de Insetos Sociais-Praga* - LISP). After 24, 48 and 72 hours, three individuals from each time interval were collected and sent to the histological and SEM procedures. The control larvae (without contact with the fungus) were collected, immediately fixed, and sent to histological and SEM analyses.

#### HISTOLOGY

In the laboratory of the Brazilian Central of Studies on Ticks Morphology (BCSTM), IB-UNESP-Rio Claro, SP, Brazil, nine larvae and nine workers were collected alive, anesthetized by fridge thermal shock and fixed in paraformaldehyde (4%) for seven days and dehydrated in crescent ethanol series at 70%, 80%, 90% and 95% (4 baths/15 minutes each). Then, the samples were embedded and included using Leica historessin in plastic molds. The blocks were polymerized and placed in wooden stands to be sectioned using microtome Leica (3- $\mu$ m thickness). Posteriorly, the sections were transferred to glass slides and stained with hematoxylin and eosin (HE) (Junqueira & Junqueira, 1983, p. 123). The same procedure was performed with larvae and workers exposed to the suspension.

## SCANNING ELECTRON MICROSCOPY

For the application of this technique, three workers were collected from each treatment group. The whole specimens were fixed in paraphormaldehyde 4% for 15 days and in phosphate potassium buffer at 0.05M and pH 7.4 for 24 hours. Then, the samples were dehydrated in crescent series (70%, 80%, 90% and 95%) of acetone and water solution for five minutes each bath and dried at critical point. The material was attached with double-sided tape to aluminum stubs in three different positions – dorsal, left lateral and right lateral, metallized for four minutes with gold (70 mA) in sputtering with a metallizer brand Bal-Tec, model SCD 050 (110V, 50/60Hz and 1 phase) and taken for analysis and photo documentation under scanning electron microscope Hitachi TM 3000 (Hitachi High-Technologies Corporation/Japan) operated at 15 kV in the Electron Microscopy Laboratory of the Bioscience Institute, UNESP-Rio Claro, SP, Brazil.

## RESULTS

The results of the present study show the dynamics of adhesion, germination and penetration of the fungus *B. bassiana* in the integument of *A. sexdens* larvae and workers in different developmental stages (immature and adult).

### AFTER 24 HOURS

The SEM technique showed that both the larvae and the workers presented conidia adhered to the integument, mainly in the region next to the buccal cavity, which presents a sculptured cuticle, and grooves, in addition to the junction of articulated mouthparts (mandible/clypeus) (Figures 1B and 2B), allowing the conidia to gather and attach.

Although preferably adhered to the buccal region, some conidia could be observed throughout the body of larvae and workers; however, only few (one or two images of our gallery) were starting the germination process.

The histological analysis confirmed these results; the conidia were adhered to the cuticle. With specific regard to the larvae, some regions of the body showed groups of conidia adhered and some of them were in the initial phase

of germination, because it is not in a globose pattern (Figure 1E), differently from the workers, where only adhesion was observed (Figure 2E).

### AFTER 48 HOURS

After 48 hours of exposure, the SEM revealed that, in the larvae, groups of conidia remained adhered in many regions of the integument and throughout the body; additionally, many of them were germinating, which was confirmed by the observation of the germ tube, structure of the fungus that originates the hyphae (Figure 1C). The histological analysis showed that the integument of the larvae had been penetrated by the hyphae (Figure 1F).

Differently from the larvae, only some conidia presented germ tubes in the workers (Figure 2C).

The histological sections showed, mainly in the thorax region the deposition of conidia in the integumentary grooves, where exocrine glands openings are found (Figure 2F).

### AFTER 72 HOURS

In the period of 72 hours after exposure, the surface of the integument of the larvae was totally covered by hyphae (SEM) (Figure 1D), indicating that this treatment was completely favorable for the development of the fungus. The histological analysis of the larvae demonstrated that the entomopathogenic fungus hypha were able to colonize the surface of the integument and overcome the cuticle barrier, reaching the interior of the body (Figure 1G).

For the workers, the SEM showed that the conidia were adhered (only some germinated) to the surface of the integument. The histology, however, showed that the interior of the workers' body was totally colonized by hyphae. The analysis of the pronotum region of one of the workers, showed the histological moment when the hyphae overcame the barrier of the integument, penetrating and colonizing the interior of the insect (Figure 2G).

For better understanding and comparison, the results are summarized in Table 1.

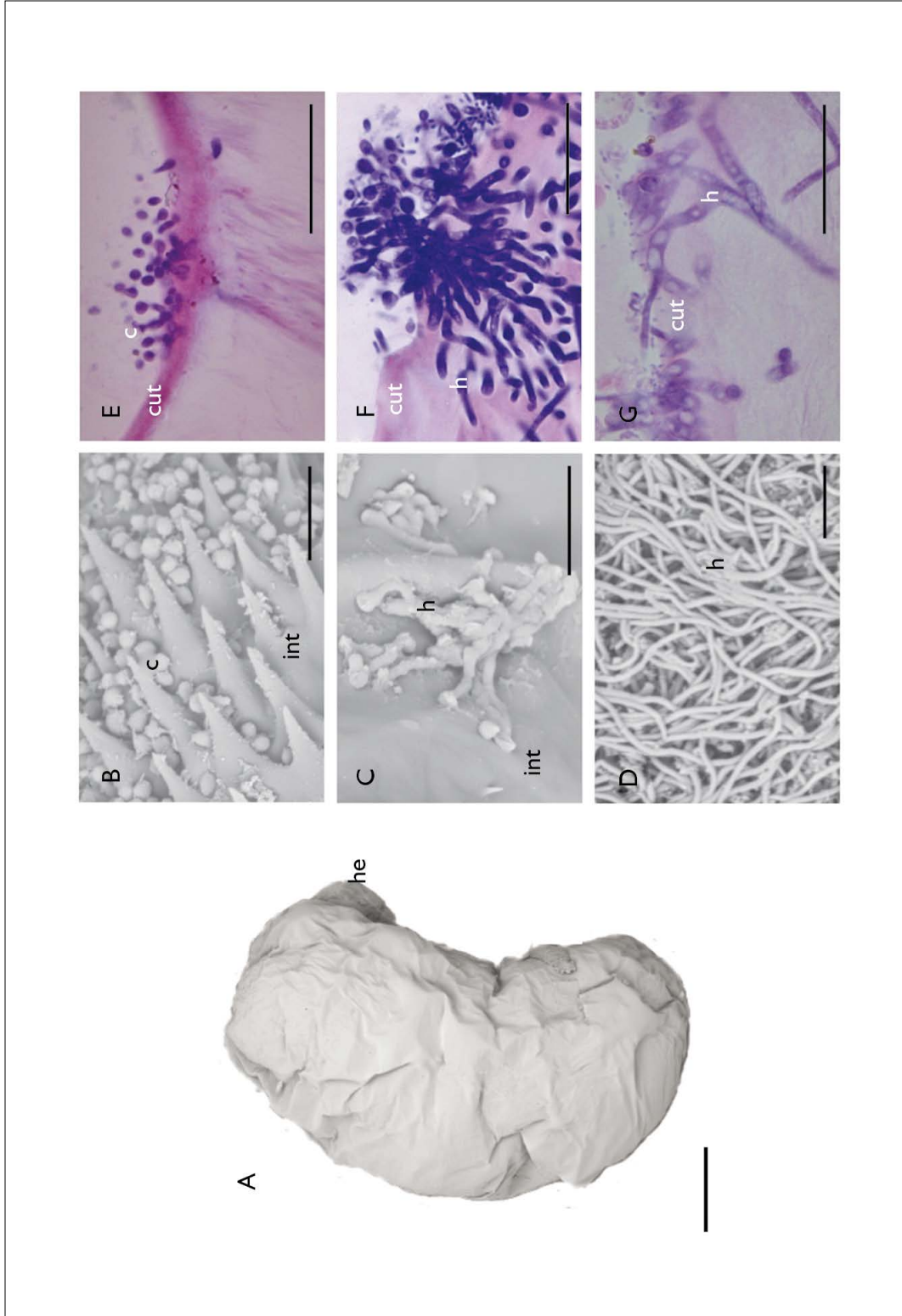


Figure 1. Ultramorphology (A-D) and histology (E-G) of *Atractodes* larval integument exposed to *Beauveria bassiana* fungal suspension: A) photomicrograph showing the general aspect of a larva; B) conidia adhesion processes in the larval buccal region in the period of 24 hours after exposure; C) conidia germination processes in the larval mediolateral region in the period of 48 hours after the exposure; D) Hyphae proliferation on the larval integument in the period of 72 hours after exposure; E-G) HE-stained histological sections of *A. sexdentis* larvae exposed to *B. bassiana* fungal suspension, showing: conidia adhesion/germination in the period of 24 hours after exposure (E), Hyphae in the process of integument penetration in the period of 48 hours after exposure (F), and 72 hours after exposure (G). Bars: A = 0.5 mm; B-D = 10  $\mu$ m; E-G = 20  $\mu$ m. Legends: c = conidia; cut = cuticle; h = hypha; int = integument.



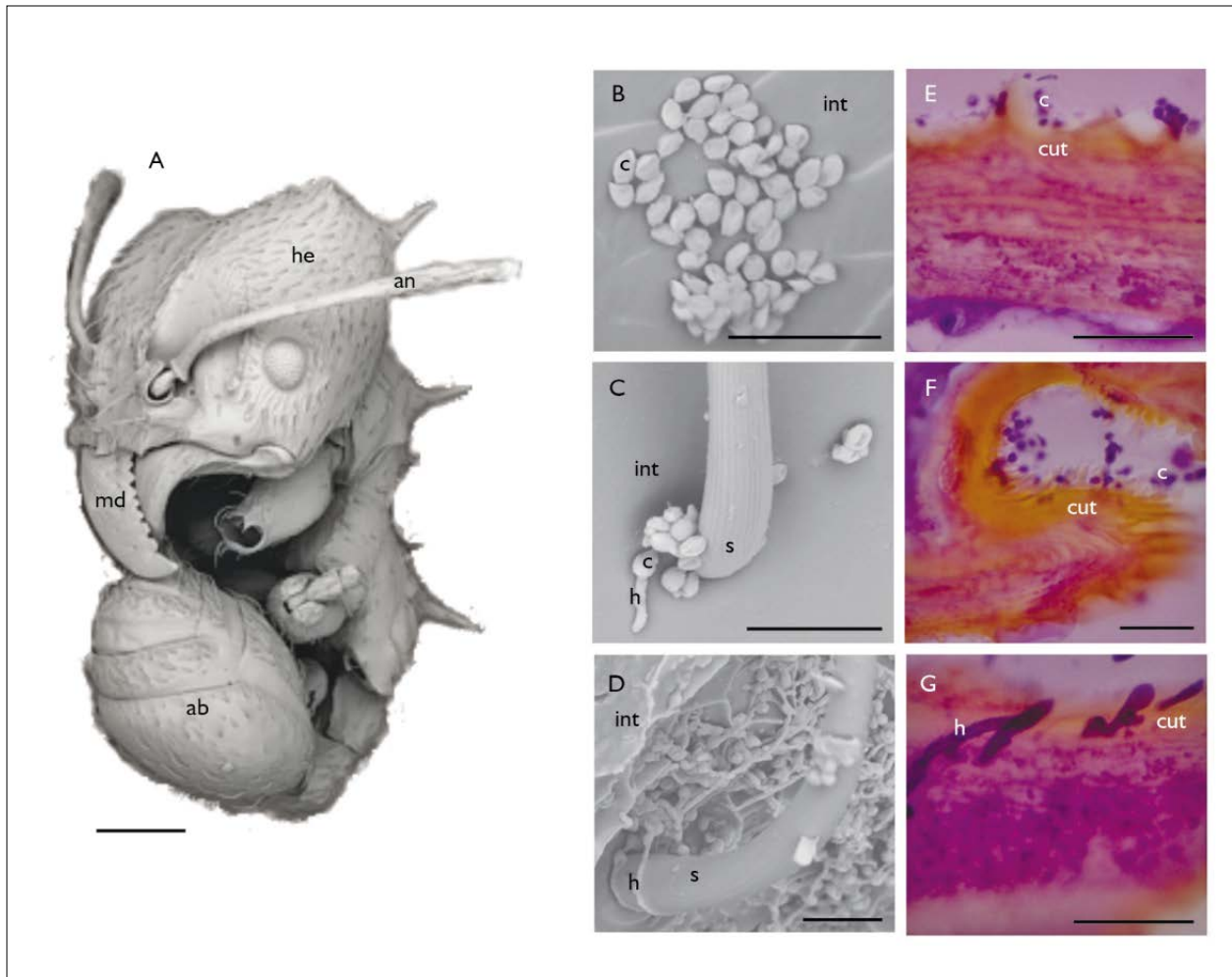


Figure 2. Ultramorphology (A-D) and histology (E-G) of *Atta sexdens* worker integument exposed to *Beauveria bassiana* fungal suspension: A) photomicrograph showing the general aspect of a worker; B) conidia adhesion processes in the worker integument in the period of 24 hours after exposure; C) conidia germination processes in the worker torax region in the period of 48 hours after the exposure; D) Hyphae proliferation on the worker integument in the period of 72 hours after exposure; E-G) HE-stained histological sections of *A. sexdens* worker exposed to *B. bassiana* fungal suspension, showing: conidia adhesion in the period of 24 hours after exposure (E), conidia adhesion in the torax region integument in the period of 48 hours after exposure (F), and Hyphae proliferation on the worker integument 72 hours after exposure (G). Bars: A = 0.5 mm; B-D = 10  $\mu$ m; E-G = 20  $\mu$ m. Legends: an = antennae; ab = abdomen; c = conidia; cut = cuticle; h = hypha; he = head; int = integument; md = mandible; s = sensilla.

Table 1. Summary of the dynamics of adhesion (a), germination (g) and penetration (p) of *B. bassiana* conidia and hypha in suspension on the integument of larvae and adult workers of *A. sexdens* ants 24, 48 and 72 hours after exposure.

Exposure time	Larvae		Workers	
	SEM	Histology	SEM	Histology
24 h	a	a	a	a
48 h	g	p	g	a
72 h	g	p	g	p





(Isoptera, Rhinotermitidae) using SEM techniques, found that the exposure to *B. bassiana* and *M. anisopliae* conidia would cause important modifications to the surface of the insect in the moments of adhesion and germination. These conidia would need approximately 24 hours for germination and 48 hours for penetration, corroborating our results for the larvae analyzed.

An important observation is that the exocrine glands of fully developed adults secrete chemical substances that help in the defense against pathogens that represent an obstacle for the application of biological control strategies on ants. The production of antimicrobial secretions synthesized by certain exocrine glands (mainly the metapleural one) has not started in the immature individuals (Bot *et al.*, 2002; Lacerda *et al.*, 2010; Poulsen *et al.*, 2002; Vieira *et al.*, 2012), which facilitates the permanence of conidia on the integument and the penetration of hyphae in the body of these individuals. Workers use their appendages – antennae and legs – to collect detritus and microorganisms from larvae, reserving them in the buccal cavity for posterior elimination (pellet) in the colony waste chamber (Pagnocca *et al.*, 1996; Mueller *et al.*, 2001; Barbieri *et al.*, 2007). The ants have the habit of licking the substrate surface, this behavior allows greater exposure of the immature to the entomopathogenic fungus when present (contact between worker buccal region/larvae), mainly during the feeding process (Petralia & Vinson, 1978).

With specific regard to the adults, considering the conidia adhesion and germination processes, it is important to consider the cleaning behavior, common in social insect workers, named allogrooming (Hölldobler & Wilson, 1990, p. 733). This behavior can cause the removal of the conidia from the surface of the insect, even in sites of difficult access, as the clypeus lateral region and the gaster junction (Travaglini *et al.*, 2016). On the other hand, reports in the literature on biological control confirm that a single viable conidium, finding all the favorable conditions to develop, is able to lead the host to death (Arnosti *et al.*, 2016).

In addition to the integument, the natural openings of the insect's body, such as the anus, spiracles and buccal cavity, have been considered important sites for the penetration of entomopathogenic fungi (Kerमारrec *et al.*, 1986). These openings would have the protection of anatomical structures that prevent the penetration of strange agents into the insect's body (Dunn, 1986; Silva, 2002). With specific regard to the spiracles, the trachea and tracheoles would act as a barrier. The saliva protects the buccal cavity, in addition to having the potential of inhibiting conidia germination (Rodrigues *et al.*, 2008; Fernandez-Marin *et al.*, 2006).

Besides to understanding the infection, other necessary information to be studied the way that occur the transmission and dispersion of the microbial agent inside the colony after the pathogen to reach the larvae, which are the most susceptible individual (Travaglini *et al.*, 2017). According to Oi & Williams (2002), who studied pathogen transmission, was verified that the queen was contaminated after the introduction of larvae and pupae contaminated by *Thelohania solenopsae* Knell, Allen & Hazard, 1996 (Microsporidia: Thelohaniidae) in *Solenopsis invicta* Buren, 1972 colonies. The same research line, reported crescent dispersion of *Vairimorpha invictae* Jouvenaz & Ellis, 1986 (Microsporidia: Burenellidae) among pupae (Oi *et al.*, 2005). Contrarily, Armitage *et al.* (2016) reported the absence of contamination in *Acromyrmex echinator* Wheeler, 1937 pupae exposed to *M. anisopliae*. Social insects have a high capacity for hygiene and isolation of organisms outside the colony (Cremer *et al.*, 2007, p. 693-702).

The present study confirmed that the conidia adhesion and germination on the cuticle surface of *A. sexdens* adult workers started to occur 24 hours after exposure to the fungus *B. bassiana*, when it was possible to observe the appressoria (penetration structure). The process of mass penetration of *B. bassiana* hyphae occurred 72 hours after the exposure to the fungal suspension, corroborating studies on ticks *Rhipicephalus (Boophilus)*

*microplus* Canestrini, 1888 (Acari: Ixodidae) (Arruda *et al.*, 2005). Still regarding the relation parasite/host, Bittencourt *et al.* (1999), using scanning electron microscopy, reported that the main way of penetration of *M. anisopliae* in *B. microplus* would be via integument, emphasizing that no evidence of infection via natural openings was found (Bittencourt *et al.*, 1995).

## CONCLUSION

The characteristics of each entomopathogenic fungus (e.g., virulence, time needed for conidia adhesion and germination) must be considered in the development of biological control strategies. Our results lead to the conclusion that the biological control of *A. sexdens* leaf-cutter ants using the fungus *B. bassiana* should focus the larvae, the biological cycle when the integument is still fragile (less sclerotized), allowing successful adhesion and germination of the fungus. Furthermore, the elimination via immature contamination would directly interfere in the generation of new individuals, affecting the development of the colony and, consequently, the success of the species.

## ACKNOWLEDGEMENTS

All the laboratory technicians, M. Iamonte, A. Teruyoshi Yabuki and G. Mello Souza for the preparation of biological material. This study was financed in part by the *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)*, from Brazil, Finance Code 001.

## REFERENCES

- ALVES, S. B., 1998. **Controle microbiano de insetos**: 4. ed. FEALQ, Piracicaba.
- ALVES, S. B. & D. R. SOSA-GÓMES, 1983. Virulência do *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. e *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. para castas de *Atta sexdens rubropilosa* (Forel, 1908). **Poliogro** 5(1): 1-9.
- ARMITAGE, S. A. O., H. FERNANDEZ-MARÍN, J. J. BOOMSMA & W. T. WCISLO, 2016. Slowing them down will make them lose: a role for attine ant crop fungus in defending pupae against infections? **Journal of Animal Ecology** 85(5): 1210-1221. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/1365-2656.12543>.
- ARNOSTI, A., I. DELALIBERA, M. R. CONCESCHI, R. V. TRAVAGLINI & M. I. CAMARGO-MATHIAS, 2016. Morphological mapping of the integument of adult females of *Diaphorina citri* Kuwayama, targeting the development of control strategies. **International Journal of Advance Agricultural Research** 4: 57-64.
- ARNOSTI, A., I. DELALIBERA, M. R. CONCESCHI, C. P. D'ALESSANDRO, R. V. TRAVAGLINI & M. I. CAMARGO-MATHIAS, 2019. Interactions of adjuvants on adhesion and germination of *Isaria fumosorosea* on adults of *Diaphorina citri*. **Scientia Agricola** 76(6): 487-493. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992x-2017-0240>.
- ARRUDA, W., I. LUBECK, A. SCHRANK & M. H. VAINSTEIN, 2005. Morphological alterations of *Metarhizium anisopliae* during penetration of *Boophilus microplus* ticks. **Experimental and Applied Acarology** 37: 231-244. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10493-005-3818-6>.
- BARBIERI, R. F., L. C. FORTI, R. T. FUJIHARA & A. A. CARLOS, 2007. Fluxo de corante e inseticida entre operárias de formigas cortadeiras. **Arquivos do Instituto Biológico** 69: 375-377.
- BIDOCHKA, M. J. & C. SMALL, 2005. Phylogeography of *Metarhizium*, an insect pathogenic fungus. In: F. E. VEGA & M. BLACKWELL (Ed.): **Insect-fungal associations: ecology and evolution**: 28-50. Oxford University Press Inc., New York.
- BITTENCOURT, V. R. E. P., C. L. MASSARD & A. F. LIMA, 1995. Dinâmica da infecção do fungo *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff, 1879) Sorokin, 1883, sobre o carrapato *Boophilus microplus* (Canestrini, 1887). **Revista da Universidade Rural - Série Ciências da Vida** 17: 83-88.
- BITTENCOURT, V. R. E. P., A. G. MASCARENHAS & J. L. H. FACCINI, 1999. Mecanismo de infecção do fungo *Metarhizium anisopliae* no carrapato *Boophilus microplus* em condições experimentais. **Ciência Rural** 29(2): 351-354.
- BOARETTO, M. A. C. & L. C. FORTI, 1997. Perspectivas no controle de formigas cortadeiras. **Série Técnica IPEF** 11(30): 31-46.
- BOT, A. N. M., D. ORTIUS-LECHNER, K. FINSTER, R. MAILE & J. J. BOOMSMA, 2002. Variable sensitivity of fungi and bacteria to compounds produced by the metapleural glands of leaf-cutting ants. **Insectes Sociaux** 49: 363-370. DOI: <https://doi.org/10.1007/PL00012660>.
- BRITTO, J. S., L. C. FORTI, M. A. OLIVEIRA, R. ZANETTI, C. F. WILCKEN, J. C. ZANUNCIO, A. E. LOECK, N. CALDATO, N. S. NAGAMOTO, P. G. LEMES & R. S. CAMARGO, 2016. Use of alternatives to PFOS, its salts and PFOSF for the control of leaf-cutting ants *Atta* and *Acromyrmex*. **International Journal of Research in Environmental Studies** 3: 11-92.
- BROOME, J. R., P. P. SIKOROWSKI & B. R. NORMENT, 1976. A mechanism of pathogenicity of *Beauveria bassiana* on larvae of the imported fire ant, *Solenopsis richteri*. **Journal of Invertebrate Pathology** 28(1): 87-91. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-2011\(76\)90074-4](https://doi.org/10.1016/0022-2011(76)90074-4).

- CASTILHO, A. M. C., M. E. FRAGA, E. L. AGUIAR-MENEZE & C. A. R. ROSA, 2010. Seleção de isolados de *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* patogênicos a soldados de *Atta bisphaerica* e *Atta sexdens rubropilosa* em condições de laboratório. **Ciência Rural** 40(6): 1243-1249. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010005000100>.
- CHAPMAN, R. F., 1998. **The insects: structure and function**: 4. ed. Cambridge University Press, Cambridge.
- CREMER, S., S. A. O. ARMITAGE & P. SCHMID-HEMPEL, 2007. Social immunity. **Current Biology** 17(16): 693-702. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2007.06.008>.
- DELLA LUCIA, T. M. C. & E. F. VILELA, 1993. Métodos atuais de controle e perspectivas. In: T. M. C. DELLA LUCIA (Ed.): **As formigas cortadeiras**: 163-190. Folha de Viçosa, Viçosa.
- DELLA LUCIA, T. M. C., L. C. GANDRA & R. N. C. GUEDES, 2014. Managing leaf-cutting ants: peculiarities, trends and challenges. **Pest Management Science** 70(1): 14-23. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.3660>.
- DIEHL-FLEIG, E., M. E. SILVA & M. R. M. PACHECO, 1988. Testes de patogenicidade dos fungos entomopatogênicos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* em *Atta sexdens piriventris* (Santschi, 1919) em diferentes temperaturas. **Ciência e Cultura** 40(11): 1103-1105.
- DUNN, P. E., 1986. Biochemical aspects of insect immunology. **Annual Review of Entomology** 31: 321-339. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.31.010186.001541>.
- FERNANDEZ-MARIN, H., J. K. ZIMMERMAN, S. A. REHNER & W. T. WCISLO, 2006. Active use of the metapleural glands by ants in controlling fungal infection. **Proceedings of the Royal Society B** 273(1594): 1689-1695. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3492>.
- FORTI, L. C., D. R. PRETTO & I. P. GARCIA, 1994. Aprimoramento de metodologias experimentais para controle de formigas cortadeiras. **Anais do Curso Atualização no Controle de Formigas Cortadeiras** 3: 14-23.
- HÖLLDOBLER, B. & E. O. WILSON, 1990. **The ants**. Harvard University Press, Cambridge.
- ISENRING, R. & L. NEUMEISTER, 2010. **Recommendations regarding Derogations to use alpha-Cypermethrin, Deltamethrin, Fenitrothion, Fipronil and Sulfluramid in FSC Certified Forests in Brazil**. In: INSECTICIDES for control of pest insects in FSC Certified Forests in Brazil: recommendations by technical advisors: 1-99. FSC Pesticides Committee, [S. l.].
- JUNQUEIRA, L. C. U. & L. M. M. S. JUNQUEIRA, 1983. **Técnicas básicas de citologia e histologia**. Livraria e Editora Santos, São Paulo.
- KERMARREC, A., G. FEBUJAY & M. DECHARME, 1986. Protection of leaf-cutting ants from biohazards: is there a future for microbiological control? In: S. LOFGREN & R. K. VANDER MEER (Ed.): **Fire ants and leaf-cutting ants: biology and management**: 339-356. Westview Studies in Insect Biology, London.
- LACERDA, F. G., T. M. C. DELLA LUCIA, J. E. SERRÃO, P. R. CECON, L. M. SOUZA & D. J. SOUZA, 2010. Morphometry of the metapleural gland of workers engaged in different behavioral tasks in the ant *Atta sexdens rubropilosa*. **Animal Biology** 60(2): 229-236. DOI: <https://doi.org/10.1163/157075610X496315>.
- LOUREIRO, E. S. & A. C. MONTEIRO, 2005. Patogenicidade de isolados de três fungos entomopatogênicos a soldados de *Atta sexdens sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Árvore** 29(4): 553-561. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000400007>.
- MOINO, J. R. A., S. B. ALVES, R. B. LOPES, P. M. O. J. NEVES, R. M. PEREIRA & S. A. VIEIRA, 2002. External development of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in the subterranean termite *Heterotermes tenuis*. **Scientia Agricola** 59(2): 267-273. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000200010>.
- MONTOYA-LERMA, J., C. GIRALDO-ECHEVERRI, I. ARMBRECHT, A. FARJI-BRENER & Z. CALLE, 2012. Leaf-cutting ants revisited: towards rational management and control. **Journal International Journal of Pest Management** 58(3): 225-247. DOI: <https://doi.org/10.1080/09670874.2012.663946>.
- MUELLER, U. G., T. SCHULTZ, C. R. CURRIE & D. MALLOCH, 2001. The origin of the attineant-fungus mutualism. **The Quarterly Review of Biology** 76(2): 169-197.
- OI, D. H. & D. F. WILLIAMS, 2002. Impact of *Thelohania solenopsae* (Microsporidia: Thelohaniidae) on Polygyne colonies of red imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology** 95(3): 558-562. DOI: <https://doi.org/10.1603/0022-0493-95.3.558>.
- OI, D. H., J. A. BRIANO, S. M. VALLESA & D. F. WILLIAMS, 2005. Transmission of *Vairimorpha invictae* (Microsporidia: Burenellidae) infections between red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) colonies. **Journal of Invertebrate Pathology** 88(2): 108-115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jip.2004.11.006>.
- PAGNOCCA, F. C., S. C. CARREIRO, O. C. BUENO, M. J. HEBLING & O. A. SILVA, 1996. Microbiological changes in the nests of leaf-cutting ants fed on sesame leaves. **Journal of Applied Entomology** 120(1-5): 317-320. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1996.tb01612.x>.
- PETRALIA, R. S. & S. B. VINSON, 1978. Feeding in the larvae of the imported fire ant, *Solenopsis isinvicta*: behavior and morphological adaptations. **Annals of the Entomological Society of America** 71(4): 643-648. DOI: <https://doi.org/10.1093/aesa/71.4.643>.



- POULSEN, M., A. N. M. BOT, M. G. NIELSEN & J. J. BOOMSMA, 2002. Experimental evidence for the costs and hygienic significance of the antibiotic metapleural gland secretion in leaf-cutting ants. **Behavioral Ecology and Sociobiology** 52: 151-157. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00265-002-0489-8>.
- RIBEIRO, M. M. R., K. D. AMARAL, V. E. SEIDE, B. M. R. SOUZA, T. M. C. DELLA LUCIA, M. C. M. KASUYA & D. J. DE SOUZA, 2012. Diversity of fungi associated with *Atta bisphaerica* (Hymenoptera: Formicidae): the activity of *Aspergillus ochraceus* and *Beauveria bassiana*. **Psyche** 2012: 389806. DOI: <https://doi.org/10.1155/2012/389806>.
- RODRIGUES, A., C. D. CARLETTI, O. C. BUENO & F. C. PAGNOCCA, 2008. Leaf-cutting ant faecal fluid and mandibular gland secretion: effects on microfungi spore germination. **Brazilian Journal of Microbiology** 39(1): 64-67. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-83822008000100016>.
- SILVA, C. C. A., 2002. Aspectos do sistema imunológico dos insetos. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento** 24: 68-72.
- ST. LEGER, R. J., A. K. CHARNLEY & R. M. COOPER, 1986. Cuticle-degrading enzymes of entomopathogenic fungi: synthesis in culture on cuticle. **Journal of Invertebrate Pathology** 48(1): 85-95. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-2011\(86\)90146-1](https://doi.org/10.1016/0022-2011(86)90146-1).
- TRAVAGLINI, R. V., 2017. **Bases para o controle microbiano de formigas cortadeiras**. Tese (Doutorado em Proteção de Plantas) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.
- TRAVAGLINI, R. V., L. C. FORTI, A. ARNOSTI, R. S. CAMARGO, L. C. SILVA & M. I. CAMARGO-MATHIAS, 2016. Mapping the adhesion of different fungi to the external integument of *Atta sexdens rubropilosa* (Forel, 1908). **International Journal of Agriculture Innovations and Research** 5(1): 118-125.
- TRAVAGLINI, R. V., L. E. P. STEFANELLI, A. ARNOSTI, R. S. CAMARGO & L. C. FORTI, 2017. Isca encapsulada atrativa visando controle microbiano de formigas cortadeiras. **Tekhne e Logos** 8(3): 100-111.
- VIEIRA, A. S., E. D. MORGAN, F. P. DRIJFHOUT & M. I. CAMARGO-MATHIAS, 2012. Chemical composition of metapleural gland secretions of fungus-growing and non-fungus-growing ants. **Journal of Chemical Ecology** 38: 1289-1297. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10886-012-0185-8>.
- ZANETTI, R., J. C. ZANUNCIO, J. C. SANTOS, W. L. P. SILVA, G. T. RIBEIRO & P. G. LEMES, 2014. An overview of integrated management of leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae) in Brazilian forest plantations. **Forests** 5(3): 439-454. DOI: <https://doi.org/10.3390/f5030439>.





## Ant diversity studies in Acre: what we know and what we could do to know more?

### Estudos de diversidade de formigas no Acre: o que sabemos e o que devemos fazer para saber mais?

Fernando Augusto Schmidt<sup>I</sup>  | Marília Maria Silva da Costa<sup>I,II</sup>  | Felipe Martello<sup>I</sup>  |  
Amanda Batista de Oliveira<sup>III</sup>  | Andressa Silvana Menezes<sup>I</sup>  | Luane Karoline Fontenele<sup>II</sup>  |  
Elder Ferreira Morato<sup>I</sup>  | Marco Antônio Oliveira<sup>IV</sup> 

<sup>I</sup>Universidade Federal do Acre. Rio Branco, Acre, Brasil

<sup>II</sup>Universidade Federal de Lavras. Lavras, Minas Gerais, Brasil

<sup>III</sup>Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas, Brasil

<sup>IV</sup>Universidade Federal de Viçosa. Florestal, Minas Gerais, Brasil

**Abstract:** Brazil counts with one the largest ant diversity in the world. But, given its continental dimension and uneven scientific development process, there are still several gaps in the knowledge of this biodiversity. This fully applies to research on ant diversity in the state of Acre, southwestern Brazilian Amazon. Since 2014, in Acre, ants are being sampled by Rede BIA project, which aims to cover this gap. Thus, our main goal is to present the status of ant diversity studies in Acre regarding their progress and their contribution to the ant fauna knowledge, based on scientific papers and grey literature. We found 17 studies to Acre, which encompass a time range of 10 years, and a total of 338 species recorded. The studies are concentrated mainly in the southern and eastern parts of the state. Ground pitfall trap is the most used sampling technique. We point out that adding more sites to Rede BIA's collecting efforts, plus focusing samplings in poorly studied habitats and ecosystems, especially in the western and eastern parts of the state will provide a lot of new data on ant species occurrence to Acre and to Brazil.

**Keywords:** Amazon. Biodiversity. Distribution. Formicidae.

**Resumo:** O Brasil está entre as regiões com maior diversidade de formigas do mundo, porém, devido à sua dimensão continental e a um processo desigual de desenvolvimento científico, ainda há muitas lacunas de conhecimento sobre sua biodiversidade. Isto se aplica plenamente às pesquisas sobre formigas no estado do Acre, no sudoeste da Amazônia brasileira. Desde 2014, no Acre, formigas têm sido coletadas pelo projeto Rede BIA, cujo objetivo é aumentar o conhecimento sobre a biodiversidade de insetos na Amazônia brasileira. Assim, o objetivo desta pesquisa é apresentar um panorama sobre os estudos de diversidade de formigas no Acre em relação ao nível de desenvolvimento e sua contribuição para o conhecimento da fauna de formigas, baseando-se em artigos científicos e literatura cinza. Foram levantados 17 estudos para o Acre realizados nos últimos dez anos, os quais registraram 338 espécies de formigas. Os estudos estão principalmente agrupados nas partes sul e leste do Acre. Armadilha de queda na superfície do solo é a técnica de coleta mais utilizada. Entendemos que o acréscimo de pontos de coleta ao projeto Rede BIA, junto com coletas em *habitats* e ecossistemas pouco estudados fornecerão grande quantidade de novos dados e registros de ocorrência de espécies de formigas para o Acre e o Brasil.

**Palavras-chave:** Amazônia. Biodiversidade. Distribuição. Formicidae.

---

SCHMIDT, F. A., M. M. S. COSTA, F. MARTELLO, A. B. OLIVEIRA, A. S. MENEZES, L. K. FONTENELE, E. F. MORATO & M. A. OLIVEIRA, 2020. Ant diversity studies in Acre: what we know and what we could do to know more? **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(1): 113-134. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.235>.

Autor para correspondência: Fernando Augusto Schmidt. Universidade Federal do Acre. BR-364, km 04 – Bairro Distrito Industrial. Rio Branco, AC, Brasil. CEP 69920-900 (schmidt.fa@gmail.com).

Recebido em 13/12/2019

Aprovado em 28/03/2020

Responsabilidade editorial: Rony Peterson Santos Almeida



## INTRODUCTION

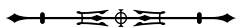
Brazil is among the most diverse ant regions in the world (Dunn *et al.*, 2007) with approximately 1,500 recorded species (AntWiki, 2019) and, in a conservative estimation, around 1,000-2,000 others ant species to be recorded in its territory (Baccaro *et al.*, 2015). This high diversity, allied to the great importance of this insect group to essential ecosystem process (Del Toro *et al.*, 2012), the pest status of several species in agroecosystem and urban environments as well as its refined response to environmental changes (which make ants excellent bioindicator group) (Philpott *et al.*, 2010), turns Brazil as a pole of ant research in the world. Although, given its continental dimension and uneven scientific development process, there are several lacks on the knowledge of Brazilian biodiversity and its process, regardless of the group of organisms (Lewinsohn & Prado, 2005), especially in less economically developed areas, which consequently contain fewer universities and research institutions. This fully applies to biodiversity researching in the state of Acre, southwestern Brazilian Amazon.

Acre is located in a transition area between the eastern Andes mountain chain and Amazonian lowlands (Souza *et al.*, 2003), representing 4% of the Brazilian Amazon (Acre, 2010). The diversity of soil types, reliefs, climate and river basins offer to the region a huge heterogeneity of ecosystems and landscapes that harbor exuberant biodiversity (Acre, 2010). In this way, Acre has a great variety of vegetation types, wherein open rainforest, with palm trees, bamboo and lianas occupies the most of the state (80%), although small patches of close rainforest and white-sand vegetation can be found mainly in northwestern portion (Acre, 2010). Although, Acre has around 80% of original vegetation conserved due to a diversified system of protected areas, in the last four decades an intensive process of land occupation, mainly pasture implementation (Acre, 2010) has led to high levels of deforestation and fragmentation (INPE, 2019; Mapbiomas, 2019).

In general, biodiversity studies in Acre have been conducted essentially by researching initiatives of Universidade Federal do Acre (UFAC) and it can be divided

into two historical periods: (i) beginning of 90's (20th century) and (ii) 2002 up to nowadays. In the beginning of 90's most professors of Biology and Biodiversity area developed their doctorate thesis, in which sites in Acre where used as sampling areas leading to expressive contribution to biodiversity knowledge of several groups, such as phytoplankton, plant, orchid bees, frogs, snakes and mammals (UFAC, 2020). In 2002, UFAC was authorized to open the graduate course in Ecology and Natural Resources Management at master's degree and until nowadays dissertations projects developed in this course have been the main source of studies on Biodiversity in Acre (UFAC, 2020). Additionally, the Ecological and Economic land use zoning of Acre (Acre, 2010), with the engagement of researchers of UFAC also made contributions to biodiversity survey in Acre.

In this context, the biodiversity of some groups is well-known, for example trees-shurbs (Daly & Silveira, 2008) frogs (Souza, 2009), snakes (Bernarde, 2012; Bernarde *et al.*, 2017) and birds (Guilherme, 2016), however, for many others groups the studies are very scarce and at an incipient level (Drumond, 2005), which ants are one of these groups poorly searched. Although, sporadic ant samplings have been done (e.g. inclusion of ant species records on ant genera revision and on entomological collections of museums) (Kempf, 1968; De Andrade & Urbani, 1999; Ward, 1999; Bolton, 2020), the historic of ant diversity studies in Acre, with standard ecological questions and sampling designing, is much recent, beginning ten years ago (Oliveira, M. *et al.*, 2009) and until the moment only more eight papers have been published. Most of these studies report the answer of ant assemblages to land use shifting, wildfire disturbance, selective logging forest management and forest regeneration (e.g. Oliveira, M. *et al.*, 2011; Barlow *et al.*, 2012; Miranda *et al.*, 2017; Oliveira, A. & Schmidt, 2019). In order to improve this effort, in 2014, Elder Ferreira Morato and Fernando Augusto Schmidt, researchers of UFAC, joined the network project Insect Biodiversity in Amazon (Rede BIA), led by researchers from *Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia* (INPA), which the main aim is to increase the number of sampling sites of several



insects groups within Brazilian Amazon. Until this moment, this project has been sampling orchid bees (tribe Euglossini) and ants in 16 sites on the major five river basins of the Acre state (*i.e.* Acre, Purus, Tarauacá, Envira and Purus).

Thus, our main aim is to draw a picture of the status of ant diversity studies in Acre regarding to their development level and their contribution to the ant fauna knowledge based on reports present in published scientific papers and grey literature. Specifically, we addressed the following questions: i) How many species and morphospecies have been reported in ant diversity studies?; ii) Where these studies have been carried out?; iii) What types of ant sampling techniques have been used?; iv) Which reference collection have been used on species identification process?; v) In which reference collection ant species vouchers have been deposited? vi) Which areas of Acre are most relevant for future sampling?; and vii) How ant sampling sites of Rede BIA has achieved these areas of future sampling relevance in Acre? Based on the answer to these questions, we presented options to fill the lacks on ant diversity researching in Acre.

## MATERIAL AND METHODS

Regardless, that prominent Brazilian and foreign researching institutions and studies on genera revision offer records about ant species occurrence in Acre (*e.g.* Kempf, 1968; De Andrade & Urbani, 1999; Ward, 1999; Bolton, 2020), to draw a picture of the status of ant diversity studies in Acre, we only used information present in scientific papers and grey literature that reports ant surveys and ecological studies. We used this kind of reports because they describe studies that were carried out specifically to survey the ant fauna or answer ecological questions regarding ant assemblages in sites of Acre, which help us to achieve our main aim, draw a picture of the status of ant diversity studies in Acre.

We obtained information about ant diversity studies at three ways: (i) searching published scientific papers in literature databases; (ii) consults to scientific papers on our private bibliography and (iii) accessing the institutional repository of monographs and dissertations in Forestry

Engineering under graduation course and Ecology and Natural Resources Management graduate course, both from UFAC (here mentioned as grey literature). The searching of published scientific papers was done in Science direct, Scielo and Web of Science, using the keywords “myrmecofauna”, “Acre”, “ants”, “Formicidae” and “Southwestern Amazonia”. We also checked the Google Scholar database, for papers published in Portuguese using the same keywords mentioned above, but in Portuguese.

For each study surveyed, we extracted the following data: (i) year of publication; (ii) study type; (iii) geographical coordinates; (iv) total number of species sampled; (v) species list; (vi) sampling technique; (vii) reference collection used for species identification; (viii) entomological/myrmecological collection where the ant species vouchers have been deposited. To compile a general list of species reported in the studies, we followed the ant classification available in AntCat (Bolton, 2020). This list was compared to the ant species list present in AntMaps.org (Janicki *et al.*, 2016), which has until the moment has 317 ant species recorded to Acre. This comparison was used to evaluate the contribution of ant diversity studies to the ant fauna knowledge of Acre.

To verify how distributed are the ant sampling sites reported in the literature surveyed (papers and grey literature), we plotted all their geographical coordinates in Acre map. Based on these sampling sites reported in the literature surveyed, we accessed the relevance of ant sampling for further studies in each area of 1 km<sup>2</sup> of Acre, as its environmental dissimilarity from sites already sampled in the literature, considering eight environmental variables: altitude, soil type and six bioclimatic variables (annual mean temperature, the maximum temperature of warmest month, minimum temperature of coldest month, annual precipitation, precipitation of wettest month and precipitation of driest month). These variables are a set of rasters layers with a spatial resolution of 1 km<sup>2</sup> available on the AmbData site (Amaral *et al.*, 2013), for soil types and altitude, and WorldClim site (Fick & Hijmans, 2017), for bioclimatic variables. Continuous variables were previously standardized by z-score to avoid the bias of

variables with larger values (Legendre & Legendre, 2012). Regarding these variables, for each area of 1 km<sup>2</sup>, we calculated the mean of environmental dissimilarity from ant sampling sites (literature surveyed), based on Gower distance (Legendre & Legendre, 2012). After that we normalize all values from 0 to 1, performing a Min-Max normalization (Patro & Sahu, 2015), in a way that values near to 0 represent areas highly similar, whereas values near to 1 represent areas environmentally very different from areas where ants have been collected (in terms of the environmental variables). Thus, it resulted in a raster containing a gradient of ant sampling relevance to Acre. Afterward, we extracted relevance of ant sampling for the geographical coordinates of Rede BIA sites to verify the sampling relevance of the sampling sites of this project to the ant diversity in Acre. Sampling relevance was calculated under programming software R v. 3.6.2 (R Development Core Team, 2019) using packages *vegan* (Oksanen *et al.*, 2019), *raster* (Hijmans *et al.*, 2019) and *rgdal* (Bivand *et al.*, 2019).

## RESULTS

We surveyed 17 studies, which nine were published papers and eight were grey literature (four undergraduate-monographs and four master-dissertation). The time range of the studies is very recent, only the last 10 years (2009-2019). Species lists are present in 15 studies. Regarding to the ant fauna sampled in these 17 studies, a total of 338 species have been reported to Acre, which belong to nine subfamilies and 66 genera (Appendix). The most speciose subfamily was Myrmicinae (162), followed by Formicinae and Ponerinae (both with 47), Dolichoderinae (23), Dorylinae, Ectatomminae and Pseudomyrmecinae (19 each), Paraponerinae and Heteroponerinae (both with only one species). Among the genera, *Pheidole* (Myrmicinae) and *Camponotus* (Formicinae) had the highest number of species, with 38 and 35 species, respectively. In the species lists presented in the studies, the mean percentage of ants sorted in morphospecies was 44.6% (min.: 16.1 – max.: 75.9) (Table 1).

Regarding to Acre, comparing the ant fauna present in the surveyed studies with the ant fauna reported in

AntMaps.org (Janicki *et al.*, 2016), the two data set share 278 ant species. Our dataset presents 60 exclusive species and AntMaps.org dataset has 51 exclusive species. Accounting these values result in 389 species to Acre until the moment.

The ant samplings reported in the surveyed studies seems spatially biased and aggregated - concentrated mainly in the southern and eastern part of the State and nearby to Rio Branco city, the capital of Acre (Figure 1). Most of the studies in the eastern region was carried out in Fazenda Experimental Catuaba, one of natural reserves of UFAC. Aggregate samples in the southern region belong to a single study in the Extractive Reserve Chico Mendes in Assis Brasil. The remaining sampling sites reported in the studies have a sparse distribution throughout to Rio Acre basin, except to a single site in Rio Purus basin in State Park Chandless (the most western point in Figure 1).

The ants in Acre have been collected by a diversified range of samplings techniques (nine in total), although ground pitfall trap is markedly the most used (Figure 2). In total seven ant reference collections have been used to ant identification to species level, of which collections of UFAC, *Universidade Federal do Paraná* (DZUP) and *Centro de Pesquisas do Cacau* (CPDC) are the three most consulted (Figure 3). Regarding to voucher deposits, the most part of ant species sampled in diversity studies in Acre have been deposited in six entomological/myrmecological collections, which collections of UFAC and CPDC have been the most used for voucher deposits (Figure 4). Regarding to voucher deposits at UFAC, these have been done in two different collections, Entomological Collection of *Laboratório de Entomologia da UFAC* and Entomological Collection of *Laboratório de Ecologia de Insetos da UFAC*.

The sampling sites of Rede BIA had an average sampling relevance of 0.46 (sd = 0.2215; min.: 0.05 – max.: 0.84). Rede BIA sampling points with higher sampling relevance are from Rio Purus basin to western areas and sampling points with lower sampling relevance are throughout Rio Acre Basin, in southeastern portion (Figure 5).

Table 1. Number of ant species reported in ant diversity studies developed in Acre, southwestern Brazilian Amazon, during the period of 2009 to 2019. Total number of ant species is partitioned in ants identified at species level and ants sorted at morphospecies. Number in brackets means percentage values. \* Studies reported in published scientific papers.

Study	Total number of ant species	Ants at species level	Ants at morphospecies
Oliveira, M. <i>et al.</i> (2009)*	276	200 (72.5%)	76 (27.5%)
Oliveira, M. <i>et al.</i> (2011)*	276	Non-informed	Non-informed
Miranda <i>et al.</i> (2012)*	267	224 (83.9%)	43 (16.1%)
Barlow <i>et al.</i> (2012)*	Non-informed	Non-informed	Non-informed
Miranda <i>et al.</i> (2013)*	87	53 (60.9%)	34 (39.1%)
Santos, A. (2014)	87	21 (24.1%)	66 (75.9%)
Denicol (2014)	117	57 (48.7%)	60 (51.3%)
Miranda <i>et al.</i> (2017)*	262	136 (51.9%)	126 (48.1%)
Menezes, A. B. (2017)	67	20 (29.9%)	47 (70.1%)
Menezes, A. S. (2017)	91	39 (42.9%)	52 (57.1%)
Silva (2017)	178	70 (39.3%)	108 (60.7%)
Santos, R. & Delabie (2018)*	36	30 (83.3%)	6 (16.7%)
Costa (2018)	216	114 (52.8%)	102 (47.2%)
Fontenele (2018)	35	25 (71.4%)	10 (28.6%)
Oliveira, A. & Schmidt (2019)*	117	91 (51.4%)	86 (48.6%)
Miranda <i>et al.</i> (2019)*	56	45 (80.4%)	11 (19.6%)
Sales (2019)	124	46 (37.1%)	78 (62.9%)

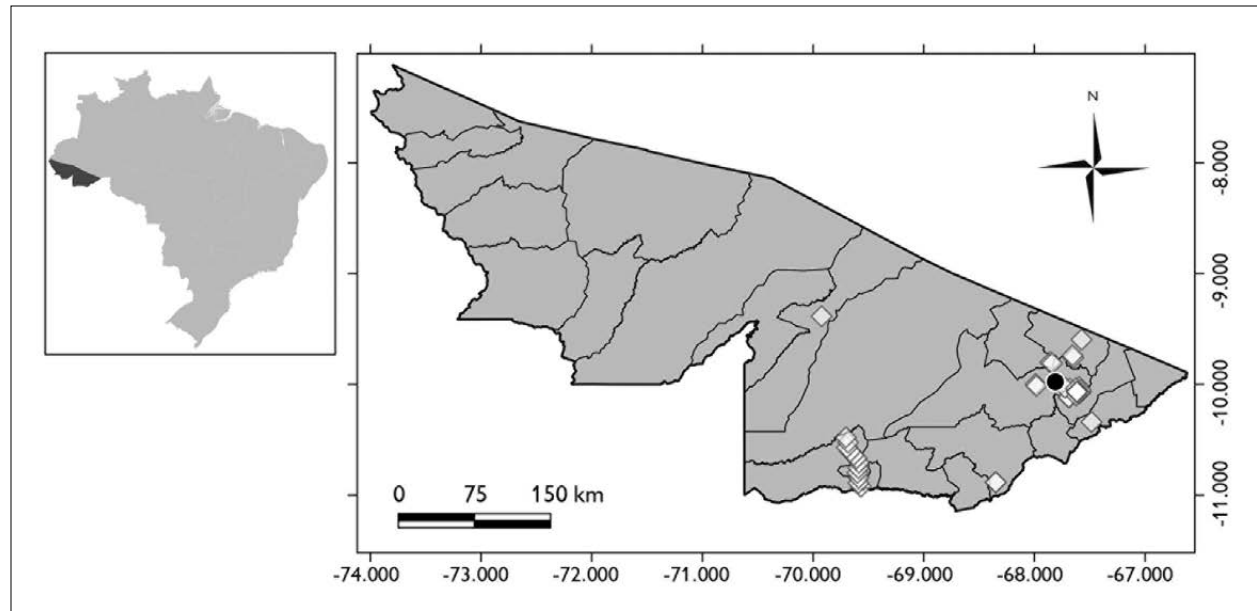


Figure 1. Sampling points of studies on ant diversity in Acre, southwestern Brazilian Amazon, from 2009 to 2019. Black point in map is Rio Branco, the capital of Acre. Map: F. Martello (2020).

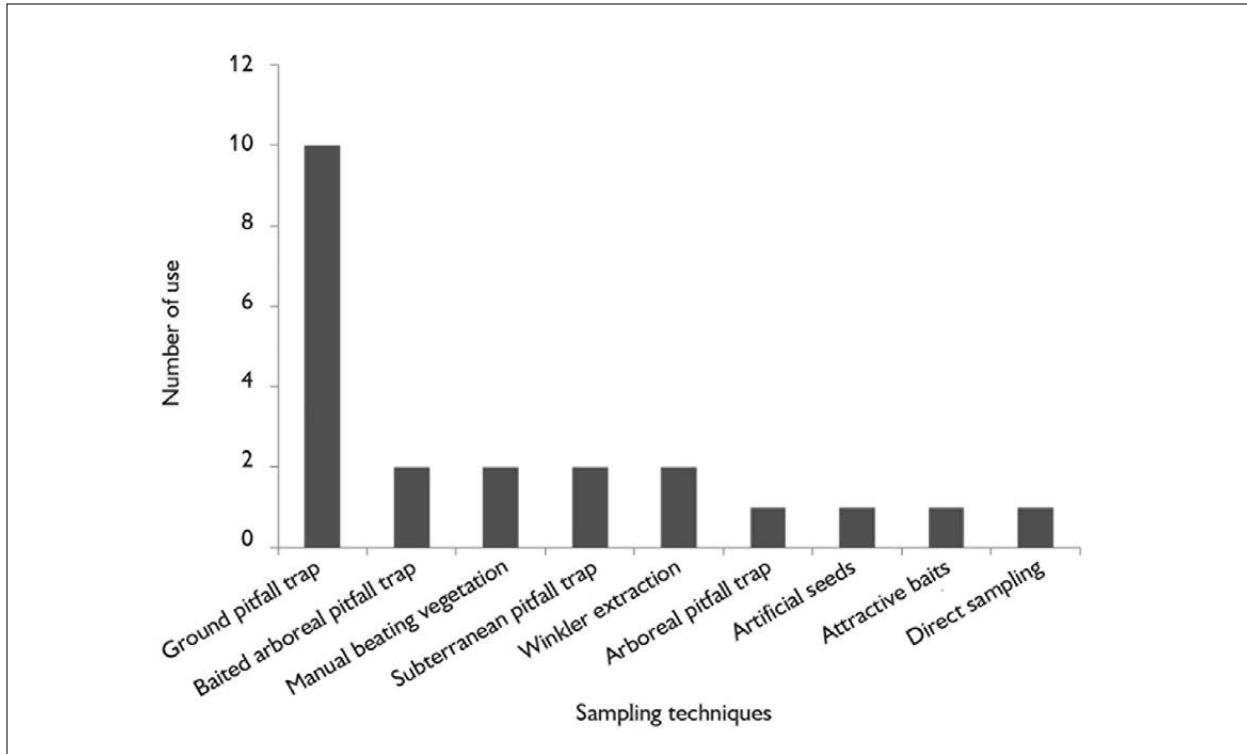


Figure 2. Sampling techniques used in the studies on ant diversity in Acre, southwestern Brazilian Amazon, from 2009 to 2019.

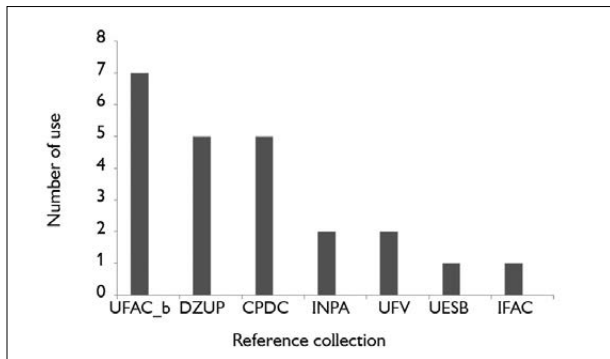


Figure 3. Reference collections used, by the survived studies, to identification at species level of ants sampled in Acre, southwestern Brazilian Amazon, from 2009 to 2019. UFAc\_b: Entomological Collection of *Laboratório de Ecologia de Insetos da UFAC*, Rio Branco, Acre, Brazil; DZUP: Padre Jesus Santiago Moure Entomological Collection - UFPR, Curitiba, Paraná, Brazil; CPDC: Collection of *Centro de Pesquisas do Cacau – CPDC* collection, CEPEC/CEPLAC, Itabuna, Bahia, Brazil; INPA: Entomological Collection of *Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia*, Manaus, Amazonas, Brazil; UFV: Regional Museum of Entomology of Federal University of Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brazil; UESB: *Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia* - UESB, Itapetinga, Bahia, Brazil; IFAC: *Instituto Federal do Acre*, Rio Branco, Acre, Brazil.

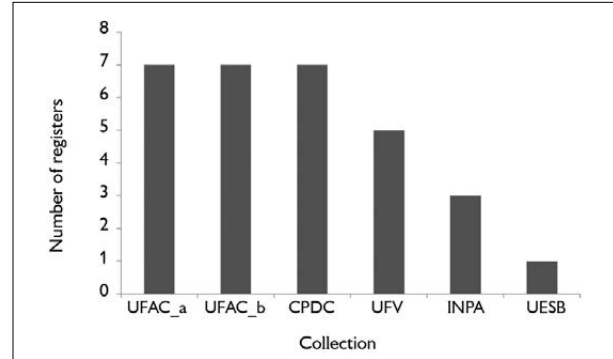


Figure 4. Entomological Collection used, by the survived studies, to deposit voucher specimens of ants sampled in Acre, southwestern Brazilian Amazon, from 2009 to 2019. UFAc\_a: Entomological Collection of UFAC, Rio Branco, Acre, Brazil; UFAc\_b: Entomological Collection of *Laboratório de Ecologia de Insetos da UFAC*, Rio Branco, Acre, Brazil; CPDC: Collection of *Centro de Pesquisas do Cacau – CPDC* collection, CEPEC/CEPLAC, Itabuna, Bahia, Brazil; UFV: Regional Museum of Entomology of Federal University of Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brazil; INPA: Entomological Collection of *Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia*, Manaus, Amazonas, Brazil; UESB: *Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia* - UESB, Itapetinga, Bahia, Brazil.



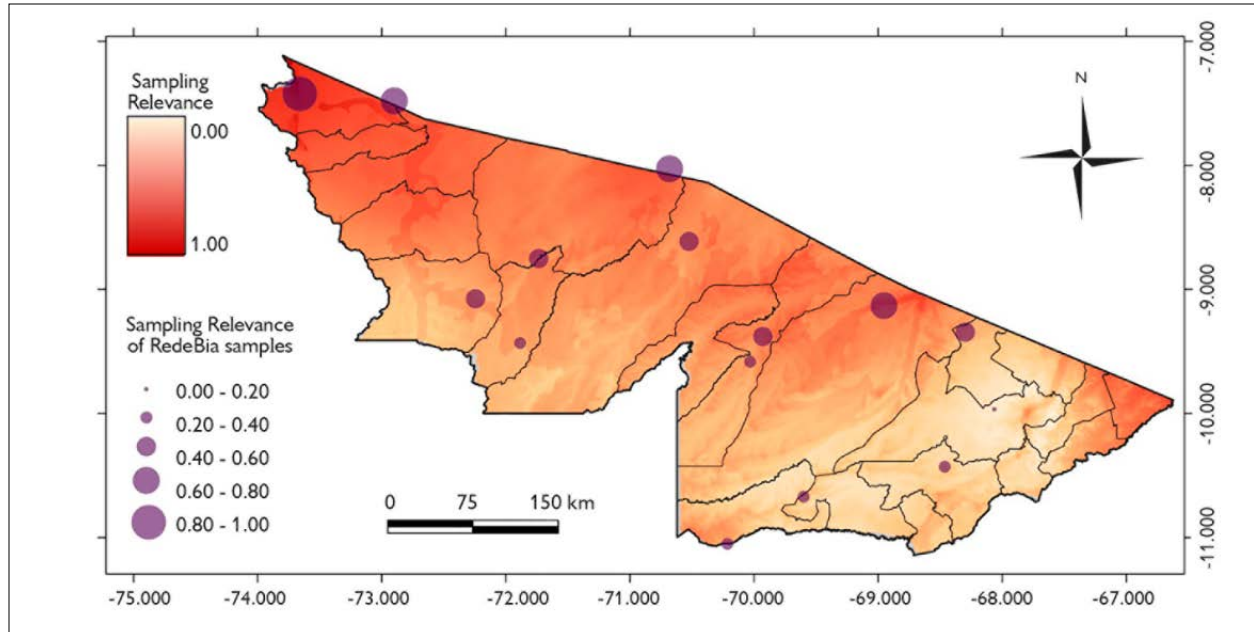


Figure 5. Map of ant sampling relevance of Rede BIA project to Acre, southwestern Brazilian Amazon. Map: F. Martello (2020).

## DISCUSSION

Our results highlight that ant diversity studies in state of Acre are in a very incipient phase, considering the time ranging - only 10 years - and the low number of studies, in which almost the half has not published yet. However, these ant diversity studies plus records of Antmaps.org (Janicki *et al.*, 2016) offer 389 ant species with occurrence to Acre. In order to reduce this gap of knowledge, Rede BIA effort have presented an efficient way to fill gaps on ant diversity sampling in Acre. In the subsequent sections, we present potential explanations to these results and offer suggestions to improve the researching of ant diversity studies in Acre state and their contribution to ant fauna knowledge.

The limited number of studies and the recent time on ant diversity exemplify a very critical issue to the Brazilian scientific development, that its unevenness regardless the field. While nine scientific papers would be the annual average of a single ant researcher in others Brazilian regions, this is the total amount of papers published on ant diversity along ten years for an entire region in Amazon. Besides that, other factors also aggravate this condition in

Acre, such as: i) the low appeal of ants and invertebrates to biodiversity researching, ii) the few number of research groups that have ants as main interest; iii) the limited success of biodiversity researchers on callings to financial support; iv) partnership with others researching at low frequency. Thus, in general, considering that Acre state, at least until now, has a well-preserved diversity and abundance of big-size animals, maybe they call more the attention of biodiversity researchers. Although, E. Morato had developed and advised studies on biodiversity of several insect groups, only in 2013, with the establishment of Ant Ecology group by F. Schmidt, UFAC had a researching group that have ant diversity studies as the main focus followed in 2012 by the researching group of P. Miranda in *Instituto Federal do Acre* (IFAC).

Nevertheless, in the last years, Brazilian Science has been struggling with frequent cuts on funding and student scholarships (Angelo, 2019; Andrade, 2019), which is compounded in less developed state such as Acre. In this way, Rede BIA probably is the unique project on insect biodiversity researching in Acre with financial support and in

partnership with a major center of biodiversity researching in Brazilian Amazon (*i.e.* INPA) in the last 20 years, which ants and orchid bees have been included as main focus to the state.

The number of exclusive ant species reported in the studies surveyed (60) shows the high potential contribution of ant diversity studies to ant fauna knowledge in Acre. Considering that AntMaps.org (Janicki *et al.*, 2016) only has data from five ant diversity studies of Acre (*i.e.* Oliveira, M. *et al.*, 2009; Miranda *et al.*, 2012, 2017; Santos, R. & Delabie, 2018; Oliveira, A. & Schmidt, 2019) highlights that most of these 60 ant species are reported in the grey literature (four undergraduate-monographs and four master-dissertation), which reinforce the necessity of these documents be published as scientific papers to effectively contribute to ant species distribution and diversity knowledge of Acre. Additionally, the number of exclusive species presented by AntMaps.org (Janicki *et al.*, 2016) also highlights the valuable contribution of sporadic ant samplings, such as these present in museums and taxonomic revision that included ant species records to Acre. Finally, the two datasets (ant fauna present in our survey and this from AntMaps.org) can be viewed as complementary approaches that until the moment has reported 389 ant species to Acre, which can be higher because ant species records of museums and taxonomic revisions studies could be missing in AntMaps.org (Janicki *et al.*, 2016) and were not considered by us.

The high percentage (44.6%) of ants sorted only at morphospecies means a potential expressive adding to the number of ant species to Acre, even that several morphospecies may be assembled into one valid species. Another drawback to shift these high number of morphospecies into valid species is that most of these ants are *Pheidole*, *Camponotus* and *Solenopsis*, genera considered world-wide megadiverse (Wilson, 2003) - which makes their identification to species levels a difficult task because most of the ants are not formally described yet. Additionally, the huge amount of areas without sampling in Acre also reinforce that the number of ant species could be much higher than the number already known.

The low amount of sampling sites and their aggregate distribution also contribute to the number of ant species known to Acre. Such limitations on ant sampling in Acre is fully comprehensible considering that the most part of the studies are monographs and dissertation projects - which have a short time for execution and limited financial resources hampering project in far sites that have been never sampled or few sampled. This aggregation of samples would also express the difficulty of access to various regions, both due to the lack of highways, which leads to high cost and time consuming for field expeditions (Schmidt & Morato, personal communication). These spatial limitations can be evidenced by the high values sampling relevance values in various areas of Acre state (especially in the extreme west and east portions), also highlighting the diversity of environments in the state - which could further increase the number of ant species in Acre. In this way, initiative such as Rede BIA that has distributed sampling points throughout the state is a great opportunity to reveal new species records and descriptions to Acre state.

The much higher use of ground pitfall trap than others sampling techniques is another factor that has great influence in the number of ant species reported to Acre. Although, ground pitfall trap, due to its convenience and low time-cost, make it an efficient way to sample ants (Bestelmeyer *et al.*, 2000) and arthropods in general (Brown & Matthews, 2016), it captures essentially species that live and forage in soil surface. Studies that have included other ant habitats (*e.g.* underground soil layers) have provided the description of new species (Rabeling *et al.*, 2008) and updates on species distribution records (Ryder Wilkie *et al.*, 2007; Brandão *et al.*, 2008; Schmidt *et al.*, 2014). Thus, the knowledge of Acre ant fauna could be improved if future studies included other ant habitats than soil surface in their sampling designs.

Regardless the restrictions described above, one point that should be remarked is the collaboration of ant researchers from other regions of Brazil mainly in the process of species identification, once in Acre there is none formal

ant taxonomist. Dr. J. Delabie from CEPLAC has made great contribution in this way. Additionally, since 2013 with the establishment of Ant Ecology group, UFAC have had a reference collection which species identification have been kindly provided by Dr. R. Feitosa and his group from UFPR.

Finally, based on our analyses of sampling relevance, Rede BIA potentially will provide a lot of new species records and hopefully description of new species of ants to Acre state because it has covered areas considered with high relevance for ant sampling. However, considering the expressive amount of areas with high values of sampling relevance on Acre, we believe that samples of Rede BIA will not comprises plentifully ant diversity of Acre state and additional areas (e.g. all western border of Acre, the region between Tarauacá and Cruzeiro do Sul and the extreme eastern) must be focus on further studies, allowing a more representative survey of the ant fauna in Acre. Moreover, the addition of sampling points in these areas with high relevance for ant sampling will offer the establishment of a conspicuous and clear gradient of longitude, precipitation and forest cover, which is the baseline for studies on ant diversity gradients at a macroecological approach. Additionally, the high level of land use shifting (Mapbiomas, 2019), mainly forest into pastures means great threatens not only to ant diversity but to all biodiversity and ecological functions in the region, which makes biodiversity researching an essential issue (Acre, 2010).

## CONCLUSION: AVENUES TO FUTURE STUDIES

Our literature survey shows that ant diversity studies are in an incipient phase, and that Acre state is a place that offer infinities opportunity for studies on ant diversity: there are many regions in Acre that are environmentally very different from those where there are ant samples. The adding of more sites to Rede BIA surely as well as encouraging new ant research projects in Acre certainly will provide a lot of new data on ant species occurrence to Acre and Brazil. Although most of expressive contributions on ant

diversity of Acre are done by short-time projects, such as master dissertation projects, encouraging partnerships with researchers and students from other research institutes can bring new issues and more funds to exploit the poorly sampled areas of the state.

Regardless the focus of the projects, we would like to encourage ant researchers to include other habitats types than ground in their ant sampling, such as leaf litter, tree canopy and subterranean soil layers. Additionally, even with all financial restrictions, we also would like to call the attention for ecosystems few studied, such as close rainforest and white-sand vegetation in the western portion and the ecosystems associated to river sides that make up a conspicuous chronosequence of disturbance that also offer great opportunity to new data on ant diversity. Therefore, based on these recommendations and keeping the collaboration with myrmecologists of other regions in Brazil to have accurate reference collections, we believe that studies about ant diversity will place Acre in a marked position in Myrmecology world-map at a short-medium time.

## ACKNOWLEDGMENTS

We thank the Graduate Program in Ecology and Natural Resource Management and the Forestry Engineering course at the Federal University of Acre for allowing the access to dissertations and monographs and thank P.N. Miranda for providing her thesis. The network project Insect Biodiversity in Amazon - Rede BIA (CNPq-Proc.: 407631/2013-5) had financial support from MCTI/CNPq/FNDCT *Ação Transversal* nº 79/2013 - *Redes Regionais de Pesquisa em Biodiversidade e Biotecnologia*. We also thank the three referees for their comments and suggestions on previous version of the manuscript.

## REFERENCES

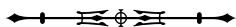
ACRE, GOVERNO DO ESTADO, 2010. **Programa estadual de zoneamento ecológico econômico do estado do acre, Fase II (escala 1:250,000)**: documento síntese: 1-152. Secretaria Estadual de Meio Ambiente, Rio Branco.



- AMARAL, S., C. B. COSTA, L. S. ARASATO, A. C. XIMENES & C. D. RENNÓ, 2013. AMBDATA: variáveis ambientais para Modelos de Distribuição de Espécies (MDEs). **Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto** 15: 6930-6937.
- ANDRADE, R. O., 2019. Brazil's budget cuts threaten more than 80,000 science scholarships. **Nature** 572: 575-576. DOI: <https://doi.org/10.1038/d41586-019-02484-w>
- ANGELO, C., 2019. Brazil's government freezes nearly half of its science spending. **Nature** 568(7751): 155-156. DOI: <https://doi.org/10.1038/d41586-019-01079-9>.
- ANTWIKI, 2019. Available from: [www.antwiki.org/wiki/Welcome\\_to\\_AntWiki](http://www.antwiki.org/wiki/Welcome_to_AntWiki). Accessed on: Oct. 26, 2019.
- BACCARO, F. B., R. M. FEITOSA, F. FERNANDEZ, I. O. FERNANDES, T. J. IZZO, J. L. P. SOUZA & R. SOLAR, 2015. **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**. Editora INPA, Manaus. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.32912>.
- BARLOW, J., J. M. SILVEIRA, L. A. MESTRE, R. B. ANDRADE, G. C. D'ANDREA, J. LOUZADA & M. A. COCHRANE, 2012. Wildfires in bamboo-dominated Amazonian forest: impacts on above-ground biomass and biodiversity. **PLoS One** 7(3): e33373. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033373>.
- BERNARDE, P. S., 2012. **Serpentes peçonhentas e acidentes ofídicos no Acre**: 1. ed.: 1-112. Anolis Books, Curitiba.
- BERNARDE, P. S., L. C. B. TURCI & R. A. MACHADO, 2017. **Serpentes do Alto Juruá, Acre - Amazônia brasileira**: 1. ed.: 1-165. EDUFAC, Rio Branco.
- BESTELMEYER, B. T., D. AGOSTI, L. E. ALONSO, C. R. F. BRANDÃO, W. L. BROWN, J. H. C. DELABIE & R. SILVESTRE, 2000. Field techniques for the study of ground dwelling ants: an overview, description, and evaluation. In: D. AGOSTI, J. D. MAJER, L. E. ALONSO & T. R. SCHULTZ (Ed.): **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**: 122-144. Smithsonian Institution Press, Washington and London.
- BIVAND, R., T. KEITT & B. ROWLINGSON, 2019. **Rgdal**: bindings for the 'geospatial' data abstraction library. R package version 1.4-8. Available from: <https://CRAN.R-project.org/package=rgdal>. Accessed on: Oct. 26, 2019.
- BOLTON, B., 2020. **An online catalog of the ants of the world**. Available from: <http://antcat.org>. Accessed on: Oct. 28, 2019.
- BRANDÃO, C. R. F., R. M. FEITOSA, F. A. SCHMIDT & R. SOLAR, 2008. Rediscovery of the putatively extinct ant species *Simopelta minima* (Brandão) (Hymenoptera, Formicidae), with a discussion on rarity and conservation status of ant species. **Revista Brasileira Entomologia** 52(3): 480-483. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0085-56262008000300026>.
- BROWN, G. R. & I. M. MATTHEWS, 2016. A review of extensive variation in the design of pitfall traps and a proposal for a standard pitfall trap design for monitoring ground-active arthropod biodiversity. **Ecology and Evolution** 6(12): 3953-3964. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.2176>.
- COSTA, M. M. S., 2018. **Como a cobertura florestal influencia as assembleias de formigas em escala de paisagem?** Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco.
- DALY, D. C. & M. SILVEIRA, 2008. **Primeiro catálogo da flora do Acre, Brasil**. EDUFAC, Rio Branco.
- DE ANDRADE, M. L. & C. B. URBANI, 1999. Diversity and adaptation in the ant genus *Cephalotes*, past and present. **Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde. Serie B Geologie und Paläontologie** 271: 1-889.
- DENICOL, M. R., 2014. **Efeitos da sucessão florestal e da estrutura da vegetação sobre a fauna de formigas arborícolas (Hymenoptera: Formicidae)**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco.
- DEL TORO, I., R. R. RIBBONS & S. L. PELINI, 2012. The little things that run the world revisited: a review of ant-mediated ecosystem services and disservices (Hymenoptera: Formicidae). **Myrmecological News** 17: 133-146.
- DRUMOND, P.M. (Org.), 2005. **Fauna do Acre**: 1-203. EDUFAC, Rio Branco.
- DUNN, R. R., N. J. SANDERS, M. C. FITZPATRICK, E. LAURENT, J.-P. LESSARD, D. AGOSTI, A. N. ANDERSEN, C. BRUHL, X. CERDA, A. M. ELLISON, B. L. FISHER, H. GIBB, N. J. GOTELLI, A. GOVE, B. GUENARD, M. JANDA, M. KASPARI, J. T. LONGINO, J. MAJER, T. P. MCGLYNN, S. B. MENKE, C. L. PARR, S. M. PHILPOTT, M. PFEIFFER, J. RETANA, A. V. SUAREZ & H. L. VASCONCELOS, 2007. Global ant (Hymenoptera: Formicidae) biodiversity and biogeography – a new database and its possibilities. **Myrmecological News** 10: 77-83.
- FICK, S. E. & R. J. HIJMANS, 2017. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology** 37(12): 4302-4315. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.5086>.
- FONTENELE, L. K., 2018. **Efeitos da transição floresta-pastagem e da dinâmica de fragmentação sobre a assembleia de formigas removedoras de sementes na Amazônia ocidental**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco.
- GUILHERME, E., 2016. **Aves do Acre**: 1. ed.: 1-897. EDUFAC, Rio Branco.

- HIJMANS, R. J., J. VAN ETTEN, M. SUMNER, J. CHENG, A. BEVAN, R. BIVAND, L. Busetto, M. CANTY, D. FORREST, A. GHOSH, D. GOLICHER, J. GRAY, J. A. GREENBERG, P. HIEMSTRA, K. HINGEE, INSTITUTE FOR MATHEMATICS APPLIED GEOSCIENCES, C. KARNEY, M. MATTIUZZI, S. MOSHER, J. NOWOSAD, E. PEBESMA, O. P. LAMIGUEIRO, E. B. RACINE, B. ROWLINGSON, A. SHORTRIDGE, B. VENABLES & R. WUEEST, 2019. **Raster**: geographic data analysis and modeling. R package version 3.0-12. Available from: <https://CRAN.R-project.org/package=raster>. Accessed on: Oct. 26, 2019.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE), 2019. **Projeto PRODES - monitoramento da floresta amazônica por satélite**. Available from: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>. Accessed on: Oct. 26, 2019.
- JANICKI, J., N. NARULA, M. ZIEGLER, B. GUÉNARD & E. P. ECONOMO, 2016. Visualizing and interacting with large-volume biodiversity data using client-server web-mapping applications: the design and implementation of antmaps.org. **Ecological Informatics** 32: 185-193. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2016.02.006>.
- KEMPF, W. W., 1968. Miscellaneous studies on Neotropical ants. IV. (Hymenoptera, Formicidae). **Studia Entomologica** 11: 369-415.
- LEGENDRE, P. & L. F. LEGENDRE, 2012. **Numerical ecology**: v. 24. Elsevier, New York.
- LEWINSOHN, T. M. & P. I. PRADO, 2005. Biodiversidade brasileira: síntese do estado atual do conhecimento. In: T. M. LEWINSOHN & P. I. PRADO (Ed.): **Síntese do conhecimento atual da biodiversidade brasileira**: v. 1: 21-112. Contexto, São Paulo.
- MAPBIOMAS, 2019. **Coleções MapBiomias**. Available from: [http://mapbiomas.org/pages/database/mapbiomas\\_collection](http://mapbiomas.org/pages/database/mapbiomas_collection). Accessed on: Nov. 17, 2019.
- MENEZES, A. B., 2017. **Mirmecofauna de áreas com diferente densidade de bambu no Parque Estadual Chandless, Alto Purus, Acre, Brasil**. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco.
- MENEZES, A. S. O., 2017. **Mecanismos de coexistência de espécies e diversidade funcional em assembleias de formigas no Sudoeste da Amazônia brasileira**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco..
- MIRANDA, P. N., M. A. OLIVEIRA, F. B. BACCARO, E. F. MORATO & J. H. C. DELABIE, 2012. Check list of ground-dwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) of the eastern Acre, Amazon, Brazil. **Check List** 8(4): 722-730. DOI: <http://dx.doi.org/10.15560/8.4.722>.
- MIRANDA, P. N., E. F. MORATO, M. A. OLIVEIRA & J. H. C. DELABIE, 2013. A riqueza e composição de formigas como indicadores dos efeitos do manejo florestal de baixo impacto em floresta tropical no estado do Acre. **Revista Árvore** 37(1): 163-173. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000100017>.
- MIRANDA, P. N., F. B. BACCARO, E. F. MORATO, M. OLIVEIRA & J. H. C. DELABIE, 2017. Limited effects of low-intensity forest management on ant assemblages in southwestern Amazonian forests. **Biodiversity and Conservation** 26: 2435-2451. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-017-1368-y>.
- MIRANDA, P. N., J. E. L. SILVA RIBEIRO, P. LUNA, I. BRASIL, J. H. C. DELABIE & W. DÁTILLO, 2019. The dilemma of binary or weighted data in interaction networks. **Ecological Complexity** 38: 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2018.12.006>.
- OKSANEN, J., F. G. BLANCHET, M. FRIENDLY, R. KINDT, P. LEGENDRE, D. MCGLINN, P. R. MINCHIN, R. B. O'HARA, G. L. SIMPSON, P. SOLYMOS, M. H. H. STEVENS, E. SZOECES & H. WAGNER, 2019. **Vegan**: community ecology package. R package version 2.5-6. Available from: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>. Accessed on: Nov. 17, 2019.
- OLIVEIRA, A. B. S. & F. A. SCHMIDT, 2019. Ant assemblages of Brazil nut trees *Bertholletia excelsa* in forest and pasture habitats in the Southwestern Brazilian Amazon. **Biodiversity and Conservation** 28(2): 329-344. DOI: [doi.org/10.1007/s10531-018-1657-0](https://doi.org/10.1007/s10531-018-1657-0).
- OLIVEIRA, M. A., T. M. C. DELLA LUCIA, C. G. S. MARINHO, J. H. C. DELABIE & E. F. MORATO, 2009. Ant diversity in an area of the amazon forest in Acre, Brazil. **Sociobiology** 54(1): 243-268.
- OLIVEIRA, M. A., T. M. C. DELLA LUCIA, E. F. MORATO, M. A. AMARO & C. G. MARINHO, 2011. Vegetation structure and richness: effects on ant fauna of the Amazon Acre, Brazil (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology** 57(3): 243-267.
- PATRO, S. & K. K. SAHU, 2015. Normalization: a preprocessing stage. **arXiv preprint arXiv: 1503.06462**.
- PHILPOTT, S. M., I. PERFECTO, I. ARMBRECHT & C. L. PARR, 2010. Ant diversity and function in disturbed and changing habitats. In: L. LACH, C. L. PARR & K. L. ABBOTT (Ed.): **Ant ecology**: 137-156. Oxford University Press, New York.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019. **R**: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available from: <https://www.R-project.org>. Accessed on: Nov. 17, 2019.
- RABELING, C., J. M. BROWN & M. VERHAAGH, 2008. Newly discovered sister lineage sheds light on early ant evolution. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** 105(39): 14913-14917. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0806187105>.
- RYDER WILKIE, K. T., A. L. MERTL & J. F. A. TRANIELLO, 2007. Biodiversity below ground: probing the subterranean ant fauna of Amazonia. **Naturwissenschaften** 94(9): 725-731.
- SALES, F. M. S. S., 2019. **Assembleias de formigas como indicadores do tipo do uso do solo no sudoeste da Amazônia brasileira**. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco.

- SANTOS, A. M., 2014. **Riqueza e composição de formigas arborícolas (Hymenoptera: Formicidae) em floresta primária e secundária em um remanescente florestal, Acre.** Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco.
- SANTOS, R. S. & J. H. C. DELABIE, 2018. Formigas epigéicas em um remanescente florestal no estado do Acre, Brasil e novos registros para o estado. **Revista Brasileira de Agricultura** 93(1): 24-32.
- SCHMIDT, F. A., R. M. FEITOSA, R. F. MORAES & R. S. JESUS, 2014. News on the enigmatic ant genus *Anillidris* (Hymenoptera: Formicidae: Dolichoderinae: Leptomyrmecini). **Myrmecological News** 19: 25-30.
- SOUZA, M. B. D., M. SILVEIRA, M. R. M. LOPES, L. J. S. VIEIRA, E. GUILHERME, A. M. CALOURO & E. F. MORATO, 2003. A biodiversidade no estado do Acre: conhecimento atual, conservação e perspectivas. **T&C Amazônia** 1(3): 45-56.
- SOUZA, M. B., 2009. **Anfíbios:** Reserva Extrativista do Alto Juruá e Parque Nacional da Serra do Divisor, Acre. Editora do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas/UNICAMP, Campinas.
- SILVA, W. R., 2017. **Fauna de formigas em três tipos de habitat no sudoeste da Amazônia Brasileira.** Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE (UFAC), 2020. Available from: [www.ufac.br](http://www.ufac.br). Accessed on: Feb. 03, 2020.
- WARD, P. S., 1999. Systematics, biogeography and host plant associations of the *Pseudomyrmex viduus* group (Hymenoptera: Formicidae), *Triplaris* and *Tachigali*-inhabiting ants. **Zoological Journal of the Linnean Society** 126(4): 451-540. DOI: <https://doi.org/10.1006/zjls.1998.0158>.
- WILSON, E. O., 2003. ***Pheidole* in the New World:** a dominant, hyperdiverse ant genus. Harvard University Press, Cambridge.





Appendix. List of ant species sampled in Acre, southwestern Brazilian Amazon, according to seven scientific papers and eight grey literature during the period of 2009 to 2019. S1 = Miranda *et al.* (2019); S2 = Oliveira, A. & Schmidt (2019); S3 = Santos, R. & Delabie (2018); S4 = Miranda *et al.* (2017); S5 = Miranda *et al.* (2013); S6 = Miranda *et al.* (2012); S7 = Oliveira, M. *et al.* (2009); S8 = Sales (2019); S9 = Costa (2018); S10 = Fontenele (2018); S11 = Menezes, A. B. (2017); S12 = Menezes, A. S. (2017); S13 = Silva (2017); S14 = Denicol (2014); and S15 = Santos, A. (2014). S1-S7: scientific papers, S8-S15: grey literature. (Continue)

Taxa	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
<b>Dorylinae (19)</b>															
<i>Acanthostichus femoralis</i> Kusnezov, 1962						X	X								
<i>Acanthostichus quadratus</i> Emery, 1895						X	X								
<i>Neocerapachys splendens</i> (Borgmeier, 1957)						X	X								
<i>Eciton burchellii</i> (Westwood, 1842)			X			X	X								
<i>Eciton hamatum</i> (Fabricius, 1782)			X			X	X								
<i>Eciton mexicanum</i> Roger, 1863	X			X		X	X								
<i>Eciton quadriglume</i> (Haliday, 1836)						X	X								
<i>Eciton rapax</i> Smith, 1855						X	X								
<i>Eciton vagans</i> (Olivier, 1792)									X						
<i>Labidus coecus</i> (Latreille, 1802)				X		X	X		X					X	
<i>Labidus praedator</i> (Smith, 1858)		X		X		X	X	X	X				X		
<i>Labidus spininodis</i> (Emery, 1890)			X	X		X	X								
<i>Neivamyrmex carettei</i> (Forel, 1913)						X	X								
<i>Neivamyrmex diana</i> (Forel, 1912)						X	X								
<i>Neivamyrmex gibbatus</i> Borgmeier, 1953						X	X								
<i>Neivamyrmex orthonotus</i> (Borgmeier, 1933)						X	X								
<i>Neivamyrmex pilosus</i> (Smith, 1858)						X	X								
<i>Nomamyrmex esenbecki</i> (Westwood, 1842)						X	X								
<i>Nomamyrmex hartigii</i> (Westwood, 1842)		X				X	X						X		
<b>Dolichoderinae (23)</b>															
<i>Azteca chartifex</i> Emery, 1896	X			X		X									X
<i>Azteca chartifex spiriti</i> Forel, 1912							X								
<i>Dolichoderus attelaboides</i> (Fabricius, 1775)	X		X	X		X	X		X		X				X
<i>Dolichoderus bidens</i> (Linnaeus, 1758)		X	X	X		X	X	X					X	X	
<i>Dolichoderus bispinosus</i> (Olivier, 1792)	X	X		X		X	X	X	X		X	X	X	X	
<i>Dolichoderus debilis</i> Emery, 1890	X													X	
<i>Dolichoderus decollatus</i> Smith, 1858				X		X	X								
<i>Dolichoderus diversus</i> Emery, 1894		X			X	X	X							X	
<i>Dolichoderus ferrugineus</i> Forel, 1903				X		X	X								
<i>Dolichoderus gagates</i> Emery, 1890				X		X	X								
<i>Dolichoderus ghilianii</i> Emery, 1894						X	X		X					X	
<i>Dolichoderus imitator</i> Emery, 1894				X		X	X		X		X		X		



Appendix.

(Continue)

Taxa	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
<i>Dolichoderus inermis</i> MacKay, 1993		X				X	X					X	X		
<i>Dolichoderus lamellosus</i> (Mayr, 1870)		X													
<i>Dolichoderus lutosus</i> (Smith, 1858)		X		X		X	X							X	
<i>Dolichoderus quadridenticulatus</i> (Roger, 1862)	X					X	X							X	
<i>Dolichoderus rugosus</i> (Smith, 1858)				X		X	X		X		X			X	
<i>Dolichoderus septemspinosus</i> Emery, 1894	X			X				X							
<i>Dolichoderus voraginosus</i> MacKay, 1993						X	X								
<i>Dorymyrmex brunneus</i> Forel, 1908		X						X	X	X		X	X		
<i>Gracilidris pombero</i> Wild & Cuzzo, 2006		X						X	X				X		
<i>Linepithema neotropicum</i> Wild, 2007						X	X	X	X						
<i>Tapinoma melanocephalum</i> (Fabricius, 1793)				X		X							X		X
Ectatomminae (19)															
<i>Ectatomma brunneum</i> Smith, 1858		X			X	X	X	X	X	X		X	X		
<i>Ectatomma edentatum</i> Roger, 1863		X		X		X		X	X	X	X	X	X		
<i>Ectatomma lugens</i> Emery, 1894		X		X		X	X		X	X	X	X	X	X	
<i>Ectatomma permagnum</i> Forel, 1908					X	X	X								
<i>Ectatomma suzanae</i> Almeida Filho, 1986			X	X		X	X								
<i>Ectatomma tuberculatum</i> (Olivier, 1792)	X			X	X	X	X	X	X		X		X	X	
<i>Gnamptogenys acuminata</i> (Emery, 1896)		X		X	X	X	X						X		
<i>Gnamptogenys annulata</i> (Mayr, 1887)				X		X	X								
<i>Gnamptogenys concinna</i> (Smith, 1858)		X												X	
<i>Gnamptogenys ericae</i> (Forel, 1912)		X							X				X		
<i>Gnamptogenys falcifera</i> Kempf, 1967						X	X								
<i>Gnamptogenys haenschi</i> (Emery, 1902)						X	X								
<i>Gnamptogenys horni</i> (Santschi, 1929)				X	X	X	X							X	
<i>Gnamptogenys mediatrix</i> Brown, 1958				X	X	X									
<i>Gnamptogenys moelleri</i> (Forel, 1912)	X		X						X						
<i>Gnamptogenys regularis</i> Mayr, 1870		X						X	X				X		
<i>Gnamptogenys striatula</i> Mayr, 1884		X		X		X	X		X				X		
<i>Gnamptogenys sulcata</i> (Smith, 1858)	X		X	X	X	X	X							X	
<i>Gnamptogenys triangularis</i> (Mayr, 1887)			X												
Formicinae (47)															
<i>Acropyga goeldii</i> Forel, 1893		X						X					X		
<i>Acropyga guianensis</i> Weber, 1944						X	X								
<i>Brachymyrmex admotus</i> Mayr, 1887				X		X	X								
<i>Brachymyrmex cavernicola</i> Wheeler, 1938									X						



Appendix.

(Continue)

Taxa	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
<i>Brachymyrmex gaucho</i> Santschi, 1917				X	X	X	X								
<i>Brachymyrmex heeri</i> Forel, 1874	X			X	X	X	X								
<i>Brachymyrmex patagonicus</i> Mayr, 1868						X	X								
<i>Brachymyrmex pilipes</i> Mayr, 1887		X											X		
<i>Camponotus ager</i> (Smith, 1858)		X						X					X	X	
<i>Camponotus apicalis</i> (Mann, 1916)														X	
<i>Camponotus arboreus</i> (Smith, 1858)											X			X	
<i>Camponotus atriceps</i> (Smith, 1858)			X	X	X	X	X		X		X		X	X	X
<i>Camponotus balzani</i> Emery, 1894														X	
<i>Camponotus bidens</i> Mayr, 1870	X	X				X	X								
<i>Camponotus blandus</i> (Smith, 1858)		X				X	X	X	X			X	X		
<i>Camponotus cacicus</i> Emery, 1903			X	X		X	X	X	X					X	
<i>Camponotus canescens</i> Mayr, 1870				X											
<i>Camponotus cingulatus</i> Mayr, 1862	X														
<i>Camponotus claviscapus</i> Forel, 1899				X		X									
<i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1862		X		X		X	X	X	X				X		
<i>Camponotus depressus</i> Mayr, 1866	X	X		X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
<i>Camponotus fastigatus</i> Roger, 1863			X		X	X	X								
<i>Camponotus femoratus</i> (Fabricius, 1804)	X			X		X	X		X						
<i>Camponotus godmani</i> Forel, 1899	X														
<i>Camponotus heathi</i> Mann, 1916												X			
<i>Camponotus hippocrepis</i> Emery, 1920		X													
<i>Camponotus latangulus</i> Roger, 1863	X			X	X	X	X					X			X
<i>Camponotus leydigi</i> Forel, 1886		X				X	X	X	X				X		
<i>Camponotus longipilis</i> Emery, 1911														X	
<i>Camponotus mirabilis</i> Emery, 1903						X	X		X						
<i>Camponotus nidulans</i> (Smith, 1860)	X			X		X									
<i>Camponotus novogranadensis</i> Mayr, 1870				X	X	X	X	X				X			X
<i>Camponotus personatus</i> Emery, 1894		X						X					X		
<i>Camponotus picipes guatemalensis</i> Forel, 1885														X	
<i>Camponotus punctulatus andigenus</i> Emery, 1903	X														
<i>Camponotus punctulatus minutor</i> Forel, 1886				X		X	X								
<i>Camponotus rectangularis</i> Emery, 1890						X	X							X	
<i>Camponotus renggeri</i> Emery, 1894		X				X	X		X				X	X	
<i>Camponotus rufipes</i> (Fabricius, 1775)						X	X								
<i>Camponotus senex</i> (Smith, 1858)				X											



## Appendix.

(Continue)

Taxa	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
<i>Camponotus sericeiventris</i> (Guérin-Méneville, 1838)				X		X	X		X						
<i>Camponotus sexguttatus</i> (Fabricius, 1793)	X					X	X								
<i>Camponotus trapezoideus</i> Mayr, 1870		X		X		X	X								
<i>Gigantiops destructor</i> (Fabricius, 1804)	X	X		X	X	X	X		X	X		X	X	X	X
<i>Nylanderia fulva</i> (Mayr, 1862)				X	X	X	X								
<i>Nylanderia guatemalensis</i> (Forel, 1885)	X			X	X	X	X								
<i>Paratrechina longicornis</i> (Latreille, 1802)						X	X							X	
Heteroponerinae (1)															
<i>Acanthoponera mucronata</i> (Roger, 1860)													X	X	
Myrmicinae (161)															
<i>Acromyrmex coronatus</i> (Fabricius, 1804)		X		X		X	X	X				X		X	
<i>Acromyrmex subterraneus</i> (Forel, 1893)				X		X									
<i>Allomerus octoarticulatus</i> Mayr, 1878				X											
<i>Apterostigma acre</i> Lattke, 1997					X	X	X								
<i>Apterostigma auriculatum</i> Wheeler, 1925								X							
<i>Apterostigma megacephala</i> Lattke, 1999									X						
<i>Apterostigma peruvianum</i> Wheeler, 1925						X	X								
<i>Apterostigma turgidum</i> Lattke, 1997						X	X								
<i>Atta cephalotes</i> (Linnaeus, 1758)			X	X		X	X								
<i>Atta laevigata</i> (Smith, 1858)		X		X		X	X						X		
<i>Atta sexdens</i> (Linnaeus, 1758)						X	X		X						
<i>Basiceros militaris</i> (Weber, 1950)				X		X									
<i>Carebara brevopilosa</i> Fernández, 2004									X						
<i>Carebara urichi</i> (Wheeler, 1922)					X	X	X		X						
<i>Cephalotes atratus</i> (Linnaeus, 1758)	X	X		X		X	X					X	X	X	X
<i>Cephalotes clypeatus</i> (Fabricius, 1804)		X		X		X						X			
<i>Cephalotes complanatus</i> (Guérin-Méneville, 1844)		X													
<i>Cephalotes cordatus</i> (Smith, 1853)		X											X		
<i>Cephalotes cordiventris</i> (Santschi, 1931)														X	
<i>Cephalotes cristatus</i> (Emery, 1890)														X	
<i>Cephalotes maculatus</i> (Smith, 1876)				X	X	X	X		X					X	X
<i>Cephalotes marginatus</i> (Fabricius, 1804)	X														
<i>Cephalotes minutus</i> (Fabricius, 1804)						X	X								
<i>Cephalotes opacus</i> Santschi, 1920	X					X	X		X						X
<i>Cephalotes pallidoides</i> De Andrade, 1999						X	X								
<i>Cephalotes pavonii</i> (Latreille, 1809)						X	X								



Appendix.

(Continue)

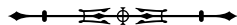
Taxa	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
<i>Cephalotes pellans</i> De Andrade, 1999														X	
<i>Cephalotes pinelii</i> (Guérin-Méneville, 1844)	X														
<i>Cephalotes pusillus</i> (Klug, 1824)						X	X								
<i>Cephalotes serraticeps</i> (Smith, 1858)			X												
<i>Cephalotes spinosus</i> (Mayr, 1862)				X		X	X							X	X
<i>Cephalotes umbraculatus</i> (Fabricius, 1804)		X													
<i>Crematogaster brasiliensis</i> Mayr, 1878	X	X		X		X			X			X	X		
<i>Crematogaster carinata</i> Mayr, 1862	X			X		X			X						
<i>Crematogaster crinosa</i> Mayr, 1862		X			X	X	X								
<i>Crematogaster curvispinosa</i> Mayr, 1862	X	X													
<i>Crematogaster dorsidens</i> Santschi, 1925									X						
<i>Crematogaster erecta</i> Mayr, 1866	X			X		X	X					X			
<i>Crematogaster evallans</i> Forel, 1907		X													
<i>Crematogaster flavosensitiva</i> Longino, 2003	X			X		X			X						
<i>Crematogaster jardineri</i> Longino, 2003									X						
<i>Crematogaster levior</i> Longino, 2003									X						
<i>Crematogaster limata</i> Smith, 1858	X			X	X	X	X		X			X			
<i>Crematogaster longispina</i> Emery, 1890	X					X	X		X			X			
<i>Crematogaster moelleri</i> Forel, 1912		X													
<i>Crematogaster nigropilosa</i> Mayr, 1870	X		X			X	X		X			X			
<i>Crematogaster rochai</i> Forel, 1903		X		X		X	X								
<i>Crematogaster sotobosque</i> Longino, 2003												X			
<i>Crematogaster stollii</i> Forel, 1885				X		X	X								
<i>Crematogaster tenuicula</i> Forel, 1904		X	X	X	X	X	X	X				X	X		
<i>Crematogaster torosa</i> Mayr, 1870		X													
<i>Cyphomyrmex cornutus</i> Kempf, 1968						X	X								
<i>Cyphomyrmex laevigatus</i> Weber, 1938				X		X	X	X	X						
<i>Cyphomyrmex major</i> Forel, 1901					X	X	X								
<i>Cyphomyrmex minutus</i> Mayr, 1862		X						X	X				X		
<i>Cyphomyrmex peltatus</i> Kempf, 1966				X	X	X	X		X						
<i>Cyphomyrmex rimosus</i> (Spinola, 1851)		X						X	X				X		
<i>Cyphomyrmex salvini</i> Forel, 1899		X											X		
<i>Cyphomyrmex transversus</i> Emery, 1894				X	X	X	X		X						
<i>Cyphomyrmex vorticis</i> Weber, 1940									X						
<i>Daceton armigerum</i> (Latreille, 1802)		X		X		X	X								
<i>Hylomyrma balzani</i> (Emery, 1894)				X	X	X	X								



## Appendix.

(Continue)

Taxa	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
<i>Hylomyrma blandiens</i> Kempf, 1961									X						
<i>Hylomyrma immanis</i> Kempf, 1973				X		X	X								
<i>Megalomyrmex ayri</i> Brandão, 1990		X				X	X			X	X	X	X	X	
<i>Megalomyrmex balzani</i> Emery, 1894	X			X		X			X	X					
<i>Megalomyrmex emeryi</i> Forel, 1904			X						X						
<i>Megalomyrmex leoninus</i> Forel, 1885						X	X							X	
<i>Megalomyrmex timbira</i> Brandão, 1990									X						
<i>Megalomyrmex weyrauchi</i> Kempf, 1970				X		X	X								
<i>Monomorium floricola</i> (Jerdon, 1851)						X	X							X	
<i>Mycetarotes parallelus</i> (Emery, 1906)						X	X		X						
<i>Mycetarotes senticosus</i> Kempf, 1960						X	X								
<i>Mycetophylax faunulus</i> (Wheeler, 1925)						X	X		X						
<i>Mycocepurus goeldii</i> (Forel, 1893)			X	X		X	X								
<i>Mycocepurus smithii</i> (Forel, 1893)		X		X	X	X	X	X	X				X		
<i>Ochetomyrmex neopolitus</i> Fernández, 2003		X				X	X	X	X			X	X		
<i>Ochetomyrmex semipolitus</i> Mayr, 1878	X			X	X	X	X					X			
<i>Octostruma balzani</i> (Emery, 1894)									X						
<i>Octostruma betschii</i> Perrault, 1988				X		X									
<i>Octostruma iheringi</i> (Emery, 1888)					X	X									
<i>Oxyepoecus quadratus</i> Albuquerque & Brandão, 2004										X					
<i>Pheidole aciculata</i> Wilson, 2003				X	X	X	X								
<i>Pheidole araneoides</i> Wilson, 2003			X								X				
<i>Pheidole astur</i> Wilson, 2003				X		X	X		X	X					
<i>Pheidole biconstricta</i> Mayr, 1870		X										X	X		
<i>Pheidole bruesi</i> Wheeler, 1911				X	X	X	X								
<i>Pheidole bufo</i> Wilson, 2003				X	X		X		X						
<i>Pheidole calimana</i> Wilson, 2003									X						
<i>Pheidole capillata</i> Emery, 1906		X		X	X	X	X	X	X			X	X		
<i>Pheidole cataractae</i> Wheeler, 1916									X						
<i>Pheidole cramptoni</i> Wheeler, 1916									X						
<i>Pheidole deima</i> Wilson, 2003				X	X	X	X								
<i>Pheidole fallax</i> Mayr, 1870				X		X	X								
<i>Pheidole fimbriata</i> Roger, 1863		X		X	X	X	X	X	X			X	X		
<i>Pheidole fissiceps</i> Wilson, 2003										X					
<i>Pheidole flavifrons</i> Wilson, 2003						X	X								





## Appendix.

(Continue)

Taxa	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
<i>Pheidole fracticeps</i> Wilson, 2003				X		X									
<i>Pheidole gagates</i> Wilson, 2003				X		X	X								
<i>Pheidole gertrudae</i> Forel, 1886										X					
<i>Pheidole horribilis</i> Wilson, 2003									X						
<i>Pheidole infernalis</i> Wilson, 2003						X	X								
<i>Pheidole jeannei</i> Wilson, 2003				X		X	X								
<i>Pheidole jelskii</i> Mayr, 1884										X					
<i>Pheidole lancifera</i> Wilson, 2003						X	X					X			
<i>Pheidole leonina</i> Wilson, 2003				X		X	X		X						
<i>Pheidole leptina</i> Wilson, 2003				X	X	X	X								
<i>Pheidole lovejoy</i> Wilson, 2003									X						
<i>Pheidole micridis</i> Wilson, 2003						X	X								
<i>Pheidole oxyops</i> Forel, 1908				X		X	X								
<i>Pheidole pedana</i> Wilson, 2003									X						
<i>Pheidole polita</i> Emery, 1894		X												X	
<i>Pheidole radoszkowskii</i> Mayr, 1884	X			X		X	X	X	X						
<i>Pheidole schwarzaemeri</i> Borgmeier, 1939						X	X								
<i>Pheidole scolioceps</i> Wilson, 2003										X					
<i>Pheidole sensitiva</i> Borgmeier, 1959									X						
<i>Pheidole stigma</i> Wilson, 2003				X		X	X								
<i>Pheidole subarmata</i> Mayr, 1884		X						X	X	X		X	X		
<i>Pheidole vafra</i> Santschi, 1923		X							X				X		
<i>Pheidole vorax</i> (Fabricius, 1804)									X	X	X				
<i>Pogonomyrmex abdominalis</i> Santschi, 1929					X	X	X								
<i>Pogonomyrmex naegeli</i> Emery, 1878		X						X	X	X		X	X		
<i>Procryptocerus convergens</i> (Mayr, 1887)				X											
<i>Procryptocerus pictipes</i> Emery, 1896						X	X								
<i>Rogeria belti</i> Mann, 1922						X	X								
<i>Rogeria bruchi</i> Santschi, 1922						X	X								
<i>Rogeria foreli</i> Emery, 1894						X	X								
<i>Rogeria lirata</i> Kugler, 1994		X							X						
<i>Sericomyrmex bondari</i> Borgmeier, 1937									X						
<i>Sericomyrmex mayri</i> Forel, 1912									X						
<i>Sericomyrmex parvulus</i> Forel, 1912									X						
<i>Solenopsis geminata</i> (Fabricius, 1804)				X	X	X	X								
<i>Solenopsis globularia</i> (Smith, 1858)	X														



Appendix.

(Continue)

Taxa	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
<i>Solenopsis invicta</i> Buren, 1972				X	X	X	X		X	X		X			
<i>Solenopsis saevissima</i> (Smith, 1855)									X	X		X			
<i>Solenopsis virulens</i> (Smith, 1858)				X		X	X								X
<i>Strumigenys alberti</i> Forel, 1893						X	X								
<i>Strumigenys appretiata</i> (Borgmeier, 1954)				X		X	X								
<i>Strumigenys beebei</i> (Wheeler, 1915)				X		X	X				X				
<i>Strumigenys depressiceps</i> Weber, 1934						X	X								
<i>Strumigenys eggersi</i> Emery, 1890				X		X			X						
<i>Strumigenys elongata</i> Roger, 1863		X				X							X		
<i>Strumigenys interfectiva</i> Lattke e Goitía, 1997									X						
<i>Strumigenys subedentata</i> Mayr, 1887				X		X	X								
<i>Strumigenys trinidadensis</i> Wheeler, 1922				X		X									
<i>Strumigenys tridifera</i> Kempf & Brown, 1969		X		X		X							X		
<i>Strumigenys zeteki</i> (Brown, 1959)								X							
<i>Tetramorium bicarinatum</i> (Nylander, 1846)						X	X								
<i>Trachymyrmex bugnioni</i> (Forel, 1912)		X						X	X				X		
<i>Trachymyrmex cornetzi</i> (Forel, 1912)				X	X	X	X								
<i>Trachymyrmex farinosus</i> (Emery, 1894)		X			X	X	X				X		X		
<i>Trachymyrmex ixodus</i> Mayhé-Nunes & Brandão, 2007						X	X								
<i>Trachymyrmex opulentus</i> (Mann, 1922)				X	X	X	X								
<i>Trachymyrmex relictus</i> Borgmeier, 1934						X	X		X						
<i>Trachymyrmex ruthae</i> Weber, 1937				X		X	X								
<i>Tranopelta gilva</i> Mayr, 1866						X	X	X	X				X		
<i>Tranopelta subterranea</i> (Mann, 1916)									X						
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X
<i>Wasmannia lutzii</i> Forel, 1908		X											X		
<i>Wasmannia rochai</i> Forel, 1912						X	X								
<i>Wasmannia sigmoidea</i> (Mayr, 1884)									X						
Paraponerinae (1)															
<i>Paraponera clavata</i> (Fabricius, 1775)		X		X		X	X	X	X				X	X	X
Ponerinae (47)															
<i>Anochetus bispinosus</i> (Smith, 1858)				X		X	X		X						
<i>Anochetus diegensis</i> Forel, 1912				X		X	X								
<i>Anochetus targionii</i> Emery, 1894				X		X									
<i>Centromyrmex brachycola</i> (Roger, 1861)						X	X								



Appendix.

(Continue)

Taxa	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
<i>Cryptopone holmgreni</i> (Wheeler, 1925)						X	X								
<i>Leptogenys arcuata</i> Roger, 1861									X						
<i>Leptogenys gagei</i> Wheeler, 1923									X						
<i>Leptogenys unistimulosa</i> Roger, 1863				X		X	X								
<i>Mayaponera constricta</i> (Mayr, 1884)		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X		
<i>Neoponera apicalis</i> (Latreille, 1802)			X	X	X	X	X		X		X			X	
<i>Neoponera carinulata</i> (Roger, 1861)	X					X	X								
<i>Neoponera commutata</i> (Roger, 1860)		X	X	X		X	X	X					X		
<i>Neoponera crenata</i> (Roger, 1861)									X					X	
<i>Neoponera curvinodis</i> (Forel, 1899)		X													
<i>Neoponera foetida</i> (Linnaeus, 1758)						X	X								
<i>Neoponera globularia</i> (MacKay & MacKay, 2010)				X										X	
<i>Neoponera inversa</i> (Smith, 1858)				X		X	X								
<i>Neoponera laevigata</i> (Smith, 1858)				X	X	X	X								
<i>Neoponera marginata</i> (Roger, 1861)						X	X								
<i>Neoponera metanotalis</i> (Luederwaldt, 1918)							X							X	
<i>Neoponera moesta</i> (Mayr, 1870)				X		X									X
<i>Neoponera obscuricornis</i> (Emery, 1890)		X		X				X		X			X		
<i>Neoponera striatinodis</i> (Emery, 1890)														X	
<i>Neoponera unidentata</i> (Mayr, 1862)	X			X		X								X	
<i>Neoponera verenae</i> Forel, 1922		X	X		X	X	X		X	X	X		X		
<i>Neoponera villosa</i> (Fabricius, 1804)														X	X
<i>Odontomachus bauri</i> Emery, 1892			X	X	X	X	X	X	X			X		X	
<i>Odontomachus biumbonatus</i> Brown, 1976				X		X	X								
<i>Odontomachus brunneus</i> (Patton, 1894)		X				X	X						X		
<i>Odontomachus caelatus</i> Brown, 1976		X	X								X		X		
<i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille, 1802)				X		X									
<i>Odontomachus haematodus</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	X	X	X	X	X		X	X			X		
<i>Odontomachus hastatus</i> (Fabricius, 1804)	X			X		X									
<i>Odontomachus laticeps</i> Roger, 1861									X	X					
<i>Odontomachus mayi</i> Mann, 1912						X	X								
<i>Odontomachus meinerti</i> Forel, 1905				X	X	X	X		X	X					
<i>Odontomachus opaciventris</i> Forel, 1899		X		X		X							X		
<i>Pachycondyla crassinoda</i> (Latreille, 1802)		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>Pachycondyla harpax</i> (Fabricius, 1804)		X	X	X		X	X	X	X	X			X		X
<i>Pachycondyla impressa</i> (Roger, 1861)			X									X			



## Appendix.



(Conclusion)

Taxa	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
<i>Platythyrea angusta</i> Forel, 1901		X				X	X								
<i>Platythyrea sinuata</i> (Roger, 1860)				X		X	X								
<i>Pseudoponera stigma</i> (Fabricius, 1804)				X		X									
<i>Rasopone arhuaca</i> (Forel, 1901)									X						
<i>Rasopone ferruginea</i> (Smith, 1858)						X	X								
<i>Simopelta jeckylli</i> (Mann, 1916)		X				X	X						X		
<i>Thaumatomyrmex zeteki</i> Smith, 1944				X											
Pseudomyrmecinae (19)															
<i>Pseudomyrmex atripes</i> (Smith, 1860)		X													
<i>Pseudomyrmex curacaensis</i> (Forel, 1912)		X		X		X	X							X	
<i>Pseudomyrmex elongatus</i> (Mayr, 1870)						X	X								
<i>Pseudomyrmex ferrugineus</i> (Smith, 1877)					X										
<i>Pseudomyrmex gracilis</i> (Fabricius, 1804)		X				X	X		X					X	X
<i>Pseudomyrmex laevigatus</i> (Smith, 1877)						X	X								
<i>Pseudomyrmex niger</i> (Donisthorpe, 1940)		X													
<i>Pseudomyrmex oculatus</i> (Smith, 1855)	X			X		X	X							X	
<i>Pseudomyrmex oki</i> (Forel, 1906)															X
<i>Pseudomyrmex peruvianus</i> (Wheeler, 1925)														X	
<i>Pseudomyrmex pupa</i> (Forel, 1911)						X	X							X	
<i>Pseudomyrmex sericeus</i> (Mayr, 1870)						X	X							X	
<i>Pseudomyrmex simplex</i> (Smith, 1877)		X											X		
<i>Pseudomyrmex tenuis</i> (Fabricius, 1804)	X	X		X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
<i>Pseudomyrmex termitarius</i> (Smith, 1855)		X				X	X	X	X			X	X		
<i>Pseudomyrmex triplarinus</i> (Weddell, 1850)						X			X						
<i>Pseudomyrmex unicolor</i> (Smith, 1855)		X													
<i>Pseudomyrmex urbanus</i> (Smith, 1877)		X											X		
<i>Pseudomyrmex venustus</i> (Smith, 1858)		X													



## Assessing sodium limitation as a resource for ground-dwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) in an area of the Amazonian *Terra Firme* Forest

### Avaliando a limitação de sódio como recurso para formigas de solo (Hymenoptera: Formicidae) em uma área de floresta amazônica de Terra Firme

Cristian Camilo Mendoza-Penagos<sup>I</sup>  | Hessen Knut Olav Vadla<sup>III</sup>  | Rony Peterson Santos Almeida<sup>I,IV</sup> 

<sup>I</sup>Universidade Federal do Pará. Programa de Pós-Graduação em Zoologia. Belém, Pará, Brasil

<sup>II</sup>Universidade Federal do Pará. Laboratório de Ecologia e Conservação. Belém, Pará, Brasil

<sup>III</sup>University of Oslo. Postgraduate Program in Ecology. Oslo, Noruega

<sup>IV</sup>Museu Paraense Emílio Goeldi/MCTIC. Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia. Belém, Pará, Brasil

**Abstract:** The availability of nutrients in the soil acts as a filter in the ants that inhabit this layer, affecting their foraging patterns and showing preferences or limitations on their nutritional needs. Especially in environments far from the ocean, the salt deficit can be a limiting resource in the environment. Here, we test whether changes in species richness and composition reveal food preferences for ants that inhabit the soil, using sugar and salt as attractions in an area of the Amazon Forest. In total, 21 species in nine genera were collected; all species were collected in sugar and only two in salt. In addition to the ant richness eleven times greater in sugar, the composition differed between the attractions. Our results indicate that the litter ants in the preserved forest are not limited by availability of sodium and they prefer sugar to salt as attractant, even with this environment far from the coast.

**Keywords:** Caxiuanã. Bait. Food preference. Amazon rainforest. Assembly.

**Resumo:** A disponibilidade dos nutrientes no solo atua como um filtro nas formigas que habitam essa camada, afetando seus padrões de forrageamento e mostrando preferências ou limitações em suas necessidades nutricionais. Sobretudo em ambientes distantes do oceano, o déficit salino pode ser um recurso limitante no ambiente. Aqui, testamos se mudanças na riqueza e na composição das espécies revelam preferências alimentares de formigas que habitam o solo, usando açúcar e sal como atrativos em uma área da floresta amazônica. No total, 21 espécies em nove gêneros foram coletadas; todas as espécies foram coletadas no açúcar e apenas duas no sal. Além da riqueza de formigas onze vezes maior no açúcar, a composição diferiu entre os atrativos. Nossos resultados indicam que as formigas da serapilheira na floresta preservada não são limitadas pela disponibilidade de sódio, preferindo o açúcar ao sal como recurso, mesmo com esse ambiente distante do litoral.

**Palavras-chave:** Caxiuanã. Isca. Preferência alimentar. Floresta amazônica. Assembleia.

---

MENDOZA-PENAGOS, C. C., H. K. O. VADLA & R. P. S. ALMEIDA, 2020. Assessing sodium limitation as a resource for ground-dwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) in an area of the Amazonian *Terra Firme* Forest. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(1): 135-143. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.269>.

Autor para correspondência: Cristian Camilo Mendoza-Penagos. Universidade Federal do Pará. Instituto de Ciências Biológicas. Laboratório de Ecologia e Conservação (LABECO). Av. Perimetral 2-224 – Guamá. Belém, PA, Brasil. CEP 66075-110 (cris\_kmlo@hotmail.com).

Recebido em 29/01/2020

Aprovado em 10/04/2020

Responsabilidade editorial: Livia Pires do Prado



## INTRODUCTION

The acquisition of nutritional resources is one of the first challenges faced by all organisms to be able to perform essential processes such as survival, growth and reproduction. However, the availability of foods can vary within and between different habitats, because nutrients are heterogeneously distributed, presenting variations that affect the communities (Yavitt *et al.*, 2009; Dorian & Bonoan, 2016). Hence, activities like foraging and recruitment of nutritional resources from the environment must be essential to maintain life processes (Feldhaar, 2014).

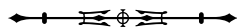
In contrast to solitary animals, the ingestion of nutrients in social insects has additional levels of complexity. Not only must they collect food that satisfies their individual nutritional needs, they also forage for other members of the colony (Dussutour & Simpson, 2008; Feldhaar, 2014; Csata & Dussutour, 2019). Although this retransmission ratio is poorly understood, differences in the nutrients that make up the diet, seem to influence body composition, e.g., protein-fed worker ants showed significantly higher levels of phosphorus in their body mass, while workers fed excess sucrose had a higher C:N ratio (Feldhaar, 2014). Ants are ideal organisms for the study of recruitment and foraging due to their eusocial organization strategy, their wide range of foraging habits associated with other organisms (Hölldobler & Wilson, 1990) and due to their vast distribution in the most of the land ecosystems, reaching the highest diversity level in the tropics (Fernández, 2003; Bolton, 2018).

Since most ants have an omnivorous diet, they are usually attracted to resources with higher levels of sugar as principal food source (Tinti & Nofre, 2001). It has been demonstrated that some ants are consuming resources with mixtures of sugar and amino acids, like extrafloral nectar (NEF's) (Lanza *et al.*, 1993). These structures are associated with some plants, and one of their functions is to present a source of sugar for ants, in exchange for protection against predators (Blüthgen & Fiedler, 2004; Feldhaar, 2014). However, several studies indicate that salt could be acting as a limiting resource, for ants with diets

poor in salt (Kaspari *et al.*, 2009; O'Donnell *et al.*, 2010). Sodium (Na) is a vital nutrient for ants in maintenance of biological processes like osmotic balance in cells, neurotransmission, and muscles movement (Kaspari *et al.*, 2008). As a result, ants are foraging minerals from different sources to supplement their diets with additional sodium.

In tropical rainforests far from the ocean (e. g. more than 300 km from the coastline to continental shelf), salt may be a limited soil resource (Peña-Venegas & Vanegas, 2010; Dudley *et al.*, 2012) and hence influence species richness and composition (Moreira *et al.*, 2012). In places with low sodium inputs and higher rates of Net Primary Productivity (NPP), ants are shown to be more attracted to salt baits, and recruitment is higher when higher concentrations are used (Kaspari *et al.*, 2009, 2008). That's effects are specifically marked in green food web ants, because their diets are based mainly on abundant vegetation, so to increase and satisfy their sodium necessity they must be consume higher quantities of food with lower concentration of sodium (Kaspari *et al.*, 2019; Viera & Vasconcelos, 2014). Furthermore, when sampling ant communities, there is little concern with the nutritional need of ants in different environments. Collection protocols already established, with sardine (protein resource) and diluted honey (caloric resource) are commonly used, but rarely salt (Schmidt & Diehl, 2008; Vicente *et al.*, 2018).

Since the availability of food resources in ants influences their distributions and foraging patterns (Feldhaar, 2014) and taking into account that environments far from the ocean have sodium limitations, the objective of this study was to evaluate whether there are sodium limitations for the ant community present in the litter in an Amazon rainforest area. We hypothesized that (i) there will be a higher richness of species ants in salt baits than in sugar, since limitations of sodium in the environment would increase the demand for salt for the ants' physiological requirements. In addition, ii) the composition of ant species will be different between baits, influenced mainly by herbivorous ants, since this group needs to supplement salt in their diet (Kaspari *et al.*, 2008).





## MATERIAL AND METHODS

### STUDY AREA

The study was carried out in a humid tropical rainforest of *Terra Firme* close to Ferreira Penna Scientific Station (ECFPn) in the National Forest of Caxiuanã (FLONA of Caxiuanã), located in the municipality of Melgaço, in the northwest region of the state of Pará (01° 42' 30" S; 51° 31' 45" W; 62 m.a.s.l.) (Figure 1). The total area of the FLONA is 330,000 ha and ECFPn represents around of 10% total area (Oliveira, L. *et al.*, 2008). The distance from the Atlantic sea is around 420 km (Oliveira, L. *et al.*, 2008; ICMBio, 2012) and by the Köpen classification, the climate is a tropical hot and humid type and subtype 'Am' with a short dry season. The mean ambient temperature, and air temperature

ranges around 26.7 °C minimum and maximum of 22 °C and 32 °C, respectively (Oliveira, L. *et al.*, 2008).

The vegetation presents a typical ecosystem of the Amazon rainforest, with areas of flooded forest (floodplain and igapó), stretches of secondary vegetation, savanoid vegetation, predominantly upland forest (*Terra Firme*), which occupies approximately 85% of the area. In the upland forest, canopy-cover habitats prevails over other forms of vegetation, and its understory vegetation is predominately shaded, with a low incidence of direct light, except in the cracks between the tree canopies, and in the natural clearings (Lisboa & Ferraz, 1999; Diniz & Scudeller, 2005). The Caxiuanã soils range from well drained to moderately drained, sandy to loamy, acidic and poor in nutrients, with pH ranges from 3.5 (very acidic) to 5.5 (moderately acidic) (Oliveira, L. *et al.*, 2008).

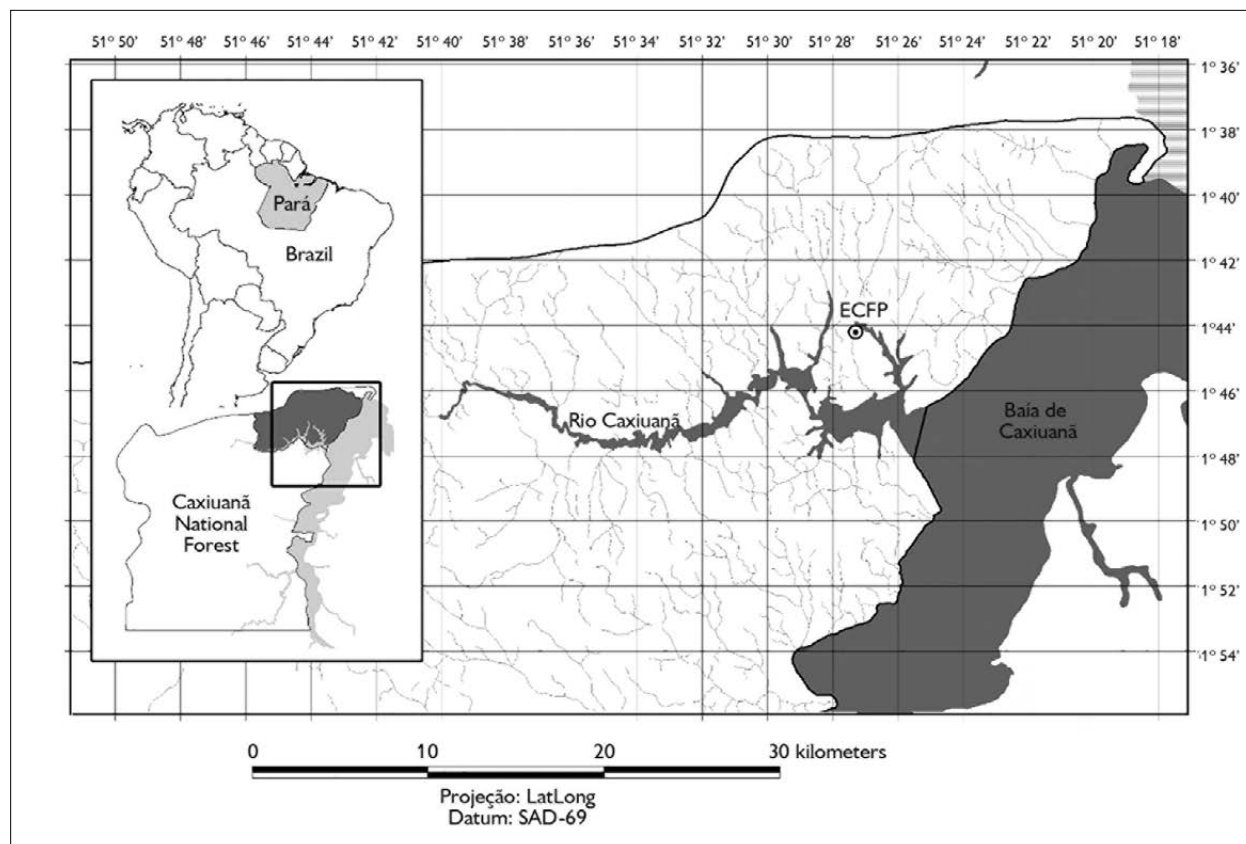


Figure 1. National Forest (FLONA) of Caxiuanã, Melgaço, Pará, Brazil, where specimens of ants. Map: MPEG/UAS/Project TEAM (2012).

## DATA COLLECTION

The ants were collected in eight lineal transects on day 8 of September of 2018. The sampling was made during all day beginning at 8 am and finished at 16 pm. Each transect had 4 plots, separated by 2 m, making a total transect length of 6 m. The eight transects were each separated by a minimum distance of 40 m. Each plot received a microtube that contained the attractant (salt or sugar), being chosen at random for each plot. On total, we got 32 microtubes, 16 for each treatment.

We used 5 mL microtubes, where in each was placed a ball of paper before being filled with 2 mL of the attractant, salt or sugar. The sugar solutions were made with a concentration of 10% and salt solutions with concentration of 1% (weight/volume), diluting the attractive (sugar = 10 g; salt = 1 g) in 100 mL of water (Kaspari *et al.*, 2008). The sugar baits were composed of sucrose (C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>), while the salt baits with common table salt (NaCl). The microtubes were placed in the ground with the edge of the tube aligning the ground, after gently brushing aside leaf litter, and left sampling for 60 minutes, then closed, trapping all ants currently inside, filled with 70% alcohol and marked. The ants were taken to the laboratory and identified with a taxonomic key for the genera (Baccaro *et al.*, 2015) and compared with the reference material of the *Laboratório de Morfologia e Ecologia Funcional de Formigas* (AntMor) of the *Museu Paraense Emílio Goeldi*, where the individuals were deposited.

## STATISTICAL ANALYSIS

To assess whether the richness of ants (response variable) differs between attractants (predictor variable) salt and sugar, a generalized linear model (GLM – Zar, 2010) was used, with each transect being considered as the sampling unit. After the evaluate the data distribution (Shapiro-Wilk = 0.859,  $p = 0.019$ ), the model was adjusted using a Poisson distribution family for data counting, and the *log* as a link function. An ANOVA test was made for testing the significance of the model, using a p-value of Chi-square test.

To evaluate if the composition of ant species varied between the attractants, we made a permutational multivariate analysis of variance (PERMANOVA – Anderson, 2001). We did an ordination through a Principal Coordinates Analysis (PCoA), using the Jaccard dissimilarity index for presence-absences data (Legendre & Legendre, 2012) and we eliminated sample units that did not have species collected. Subsequently, a similarity percentage analysis (SIMPER) was performed to know the contribution of each species within the PERMANOVA analysis, identifying which were the most important species within the observed similarity pattern.

All analyses were performed in the R software (R Development Core Team, 2018) and level of significance used was  $p < 0.05$ . We use the functions / packages: 1) GLM: *stats* (R Development Core Team, 2018); 2) PERMANOVA and SIMPER: *vegan* (Oksanen *et al.*, 2018); 3) figures: *ggplot2* (Wickham, 2016) and *gridExtra* (Baptiste, 2017).

## RESULTS

A total of belonging to 21 species (557 individuals) of ants distributed in 9 genera and 4 subfamilies were collected (Table 1). The genus with the largest number of species was *Pheidole*, representing more than half of the species collected. The most abundant species in the attractants were *Pheidole biconstricta* Mayr, 1870 (114 individuals), *Pheidole* sp.1 (113), *Solenopsis* sp.1 (79) and *Crematogaster* aff. *levior* (72). All species were collected in sugar attractant, and two of these in salt (*Pachycondyla harpax* (Fabricius, 1804) and *Mayaponera constricta* (Mayr, 1884)). In the sugar attractant, *Odontomachus* sp.1, *Crematogaster* aff. *levior* and *Pheidole* sp.1 were the species with highest values of occurrence, being presents in half of the samples.

The model fitted in GLM indicated that there is a significant difference in the richness of ants between the attractants (Deviance Resid.<sub>(1,14)</sub> = 9.845;  $p < 0.001$ ), with sugar presenting on mean 11 times more species than salt (Figure 2A).

Table 1. Ant species collected in each treatment (sugar and salt) in the eight sampling units in an *Terra Firme* area of the Amazon Forest in the in Caxiuanã FLONA, Pará, Brazil. \* = species that contributed more than 50% of the dissimilarity in composition between the attractants.

Subfamily/Specie	Relative frequency		SIMPER (%)
	Sugar	Salt	
ECTATOMMINAE			
<i>Ectatomma</i> sp.1	0.25	-	3.77
FORMICINAE			
<i>Camponotus</i> sp.1	0.12	-	2.29
<i>Nylanderia</i> sp.1	0.38	-	6.79*
PONERINAE			
<i>Mayaponera constricta</i> (Mayr, 1884)	0.38	0.12	7.75*
<i>Odontomachus</i> sp.1	0.50	-	9.08*
<i>Pachycondyla harpax</i> (Fabricius, 1804)	0.38	0.38	8.47*
MYRMICINAE			
<i>Crematogaster</i> aff. <i>levior</i>	0.50	-	6.91*
<i>Ochetomyrmex neopolitus</i> Fernández, 2003	0.25	-	3.76
<i>Pheidole biconstricta</i> Mayr, 1870	0.38	-	6.58*
<i>Pheidole fracticeps</i> Wilson, 2003	0.38	-	4.62
<i>Pheidole schwarzaiaeri</i> Borgmeier, 1939	0.25	-	3.15
<i>Pheidole subarmata</i> Mayr, 1884	0.25	-	3.76
<i>Pheidole</i> aff. <i>meinerti</i>	0.25	-	3.76
<i>Pheidole</i> aff. <i>microps</i>	0.12	-	1.67
<i>Pheidole</i> MPEG_05	0.12	-	1.47
<i>Pheidole</i> gr. <i>tristis</i> MPEG_01	0.12	-	2.81
<i>Pheidole</i> gr. <i>tachigaliae</i>	0.12	-	2.29
<i>Pheidole</i> sp.1	0.50	-	9.08*
<i>Pheidole</i> sp.2	0.12	-	1.47
<i>Pheidole</i> sp.3	0.12	-	2.29
<i>Salenopsis</i> sp.1	0.12	-	1.47
Richness	21	2	

The PERMANOVA analysis revealed that there exists a significant difference in the species composition between attractives ( $Pseudo-F_{(1,11)} = 2.709$ ,  $R^2 = 0.213$ ;  $p = 0.017$ ) (Figure 2B). The PCoA ordination captured a total of 58.849% of the variation in the data, in their first two axes (axis 1 = 34.260%, axis 2 = 24.589%) (Figure 2B). Of the 21 species recorded, 7 explain 50% of the differences in the composition between attractives

(Table 1). *Odontomachus* sp.1 and *Pheidole* sp.1 were the species that contributed the most to the difference between the attractants, with 9.08% each, and being present only in the sugar baits; followed by *P. harpax* (8.47%) and *M. constricta* (7.75 %) that were present in both attractants, while *Nylanderia* sp.1, *Crematogaster* aff. *levior* e *P. biconstricta* contributed with around 6%, only in sugar baits.

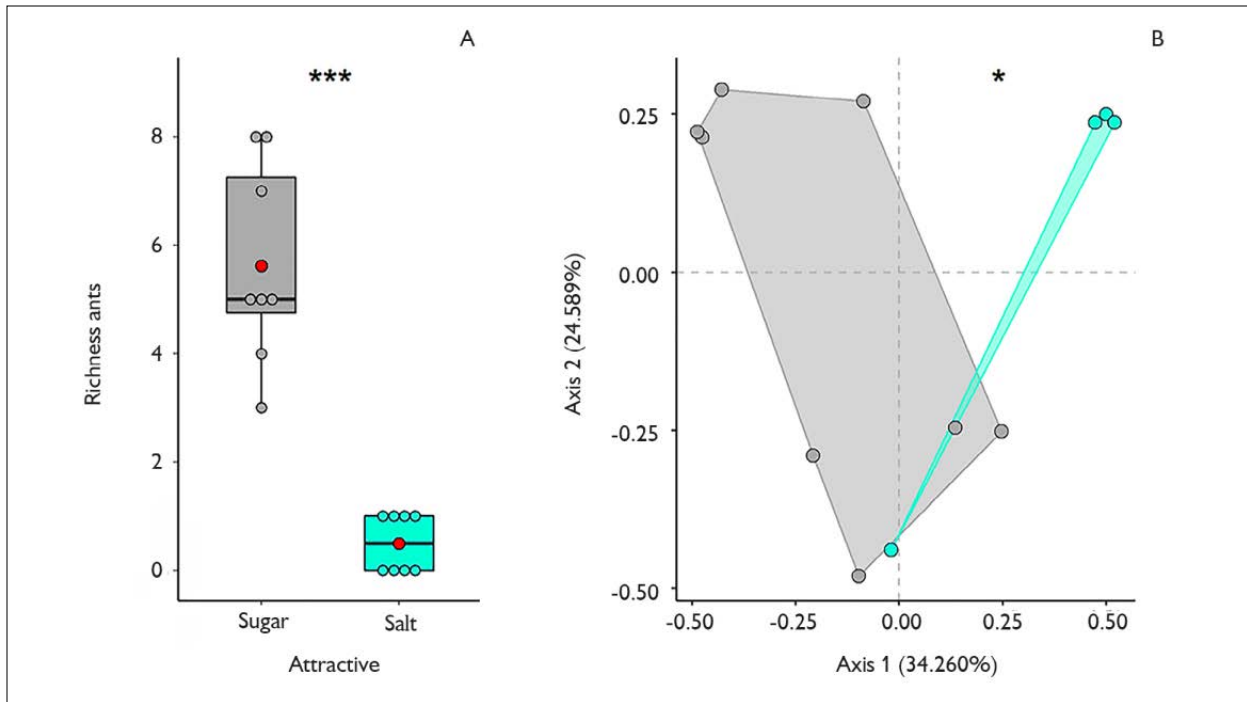


Figure 2. Community of ants collected in salt and sugar and effect of (A) richness and (B) composition of species collected in *Terra Firme* Amazon Rainforest in Caxiuanã FLONA, Pará, Brazil ( $p$  value in code \*\*\*  $< 0.001$  and \*  $< 0.05$ ; red dots indicate the mean richness collected in each treatment).

## DISCUSSION

Our results suggest that in the local of study, the ground-dwelling ants are not limited by sodium availability, with only two species associated to salt baits. Hence, our first hypothesis was rejected, once the greater richness of species was recorded in sugar baits and not in salt baits. Our second hypothesis was partially confirmed. Once that exist difference in the species composition between baits, but contrary to our prediction the species associated with salt are carnivorous.

Species with generalist behavior respond faster to baits and were predominant in the ground-dwelling ants assembly. The relative dominance of the Myrmicinae subfamily in the area, and the fact that *Pheidole* genus were the most abundant in sugar baits, confirm this. *Pheidole* has been indicated as a generalist group of ants on land, with an omnivorous diet and aggressive behavior, aiding in the maintenance of large colonies, and in defending their resources against coexisting species (Baccaro *et al.*, 2013).

Furthermore, the Ponerinae subfamily was the second most representative recorded species in both types of bait, and with higher frequency values, suggesting broad preferences for food resources. Their frequencies can be explained because they are the second most diverse ground-dwelling ants after Myrmicinae (AntWeb, 2019), and are a species commonly found on the ground of the Caxiuanã forest (Basto & Harada, 2011).

The highest richness was found in the sugar baits, suggesting that the ground-dwelling ants were more attracted to sugar than salt. In fact, in tropical forests ants are more attracted to baits with a high carbohydrate (Longino *et al.*, 2002; Bihn *et al.*, 2008). Nevertheless, the availability of carbohydrates in old forests, or with old successional stages is lower for the dwelling-ground ants, causing ants to frequently increase their foraging activities in search of food, including climbing plants to reach the Extrafloral Nectaries (ENF's), and honeydew (excretions from herbivorous insects)

(Oliveira, P. & Brandão, 1991). ENF's have been indicated as a two important carbohydrate sources, but principally for arboreal ants (Schupp & Feener, 1991); furthermore, their general occurrence in old-growth forests is lower in tropical areas, limiting their access and generating higher rates of competition (Fiala & Linsenmair, 1995). In mature forests, leaf-litter ants are more attracted to carbohydrate baits, due to a general limitation of these nutrients (Bihn *et al.*, 2008), or by their high recruitment and foraging ability when compared to salt-using ants (Vieira & Vasconcelos, 2014). Hence, the success of sugar as an attractant, in this case, suggests little availability of sugar in the soil, which was quickly occupied by generalist and active foraging species.

Additionally, the low effectiveness of salt as an attractant indicates that ants living in the soil are not limited by salt. Salt baits, and the amount of ants associated with them, are used as evidence of sodium limitation, mainly in herbivorous ants (Vieira & Vasconcelos, 2014). Even so, the sodium supply varies geographically, and there is a relationship between the distance from the coast to the interior of the continent and the attractiveness of ants to salt (Kaspari *et al.*, 2008; Breed, 2015). Based on distance from forest to coast, the preference of ants for salt should be at least 20% of the total number of traps (Kaspari *et al.*, 2008; Breed, 2015). Those predictions differ from our results (< 1%), which could be also attributed to geographic variation of availability of sodium in Amazon biome (Dudley *et al.*, 2012) or to the fact that a salt concentration gradient was not used. In addition, no herbivore ant species were collected, such as mushroom growers, although they are genera commonly found in the litter (Harada, 2016).

Our results show differences in the composition of ground-dwelling ants, as could be identified using common sugar and salt. Hence, food resources can determine if there are differences in the composition of species in a given assembly (Bastos & Harada, 2011; Nyamukondiwa & Addison, 2014). Once ants forage and nest in accordance with local nutrient limitation and resource availability (McGlynn *et al.*, 2007) it is expected that in heterogeneous environments such as the litter of the forests of *Terra Firme*, species with

different nutritional requirements is found. Although the main differences in the composition are attributed to species with generalist behaviour, such as *Pheidole*, the presence of predatory species such as *Odonotomachus*, *Mayaponera constricta* and *Pachycondyla harpax* (Silva & Brandão, 2014) made a great contribution to that difference. The presence of these species is not necessarily related to the use of a specific resource, but on the contrary it could show unmet nutritional needs with the base resource used by the species.

Finally, sugar appears to be a more effective attractant to ground-dwelling ants, than salt, despite the expected lack of salt in rainforests away from the ocean. Thus, more research must be done to understand how different food resources can be affect the ground ants assembly. Since the availability of food resources is heterogeneously distributed in time and space, future studies could explore ants preferences to food resources with different concentrations and variations along the seasons.

## CONCLUSION

In the present study, our results indicate that the ground-dwelling ants in a preserved rainforest are not limited by availability of sodium and they prefer prefer sugar to salt as attractant. In addition, differences in the composition of the assembly can be detected based on food preferences once the number of individuals acts as a mirror of the availability or limitation of the resource experienced by the ants. These results suggest that the distance from the ocean may not directly reflect salt deficiency, and more studies are needed to evaluate the relationship between ant preference and the amount of salt available in the environment.

## ACKNOWLEDGMENTS

Thanks to DPhil. Douglas Shiel, for ideas, inputs and suggestions during fieldwork and to four anonymous reviewers for the suggestions that contributed to this publication. We would also like to thank the postgraduate program in Zoology of the Federal University of Pará, the *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e*

*Tecnológico* - CNPq, Emilio Goeldi Museum, Scientific Station Ferreira Penna for support during data collection, Norsk Hydro, the University of Oslo and the Biodiversity Research Consortium Brazil-Norway (BRC) for granting of the master's scholarships and general funding. This study was financed in part by the *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001*.

## REFERENCES

- ANDERSON, M. J., 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology** 26(1): 32-46. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2001.01070.pp.x>.
- ANTWEB, 2019. Available from: <http://www.antweb.org>. Accessed in: December 26, 2019.
- BACCARO, F. B., I. F. ROCHA, B. E. G. DEL AGUILA, J. SCHIETTI, T. EMILIO, J. L. P. PURRI, A. P. LIMA & W. E. MAGNUSSON, 2013. Changes in ground-dwelling ant functional diversity are correlated with water-table level in an Amazonian Terra Firme Forest. **Biotropica** 45(6): 755-763. DOI: <https://doi.org/10.1111/btp.12055>.
- BACCARO, F. B., R. M. FEITOSA, F. FERNÁNDEZ, I. O. FERNANDES, T. J. IZZO, J. L. P. DE-SOUZA & R. R. C. SOLAR, 2015. **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**: 1-388. INPA, Manaus.
- BAPTISTE, A., 2017. **gridExtra**: miscellaneous functions for "grid" graphics. R package version 2.3. Available from: <https://CRAN.R-project.org/package=gridExtra>. Accessed in: December 26, 2019.
- BASTOS, A. H. S. & A. Y. HARADA, 2011. Leaf-litter amount as a factor in the structure of a ponerine ants community (Hymenoptera, Formicidae, Ponerinae) in an eastern Amazonian rainforest, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia** 55(4): 589-596. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0085-56262011000400016>.
- BIHN, J. H., M. VERHAAGH & R. BRANDL, 2008. Ecological stoichiometry along a gradient of forest succession: bait preferences of litter ants. **Biotropica** 40(5): 597-599. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2008.00423.x>.
- BLÜTHGEN, N. & K. FIEDLER, 2004. Preferences for sugars and amino acids and their conditionality in a diverse nectar-feeding ant community. **Journal of Animal Ecology** 73(1): 155-166. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2004.00789.x>.
- BOLTON, B., 2018. **AntWeb**: ants of Bolton world catalog. Available from: <https://www.antweb.org/project.do?name=worldants>. Accessed in: October 18, 2019.
- BREED, M., 2015. When is there not enough salt for ants? **Insectes Sociaux** 62(2): 119-120. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-015-0405-7>.
- CSATA, E. & A. DUSSUTOUR, 2019. Nutrient regulation in ants (Hymenoptera: Formicidae): a review. **Myrmecological News** 29: 111-124. DOI: [https://doi.org/10.25849/myrmecol.news\\_029:111](https://doi.org/10.25849/myrmecol.news_029:111).
- DINIZ, K. S. & V. V. SCUDELLER, 2005. Estrutura fitossociológica de uma floresta de terra firme na Amazônia Central. In: N. E. SANTOS-SILVA, F. M. APRILE, V. V. SCUDELLE & E. S. MELO (Ed.): **Diversidade biológica e sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central**: 155-167. Editora INPA, Manaus.
- DORIAN, N. N. & R. E. BONOAN, 2016. Salt foraging of stingless bees at La Selva Biological Station, Costa Rica. **Bee World** 93(3): 61-63. DOI: <https://doi.org/10.1080/0005772X.2016.1229099>.
- DUDLEY, R., M. KASPARI & S. P. YANOVIK, 2012. Lust for salt in the Western Amazon. **Biotropica** 44(1): 6-9. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2011.00818.x>.
- DUSSUTOUR, A. & S. J. SIMPSON, 2008. Carbohydrate regulation in relation to colony growth in ants. **Journal of Experimental Biology** 211(14): 2224-2232. DOI: <https://doi.org/10.1242/jeb.017509>.
- FELDHAAR, H., 2014. Ant nutritional ecology: linking the nutritional niche plasticity on individual and colony-level to community ecology. **Current Opinion in Insect Science** 5: 25-30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2014.09.007>.
- FERNÁNDEZ, F., 2003. **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**: 1-398. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá.
- FIALA, B. & K. E. LINSENMAYER, 1995. Distribution and abundance of plants with extrafloral nectaries in the woody flora of a lowland primary forest in Malaysia. **Biodiversity & Conservation** 4(2): 165-182. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00137783>.
- HARADA, A. Y., 2016. State of art of ants (Hymenoptera: Formicidae) at Caxiuanã, Melgaço, Pará, Brazil. **Advances in Entomology** 4: 115-132. DOI: <http://doi.org/10.4236/ae.2016.43013>.
- HÖLLDOBLER, B. & E. O. WILSON, 1990. **The ants**: 1-732. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio), 2012. **Plano de manejo da Floresta Nacional de Caxiuanã**: Vol I-Diagóstico. ICMBio, Brasília.
- KASPARI, M., S. P. YANOVIK & R. DUDLEY, 2008. On the biogeography of salt limitation: a study of ant communities. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** 105(46): 17848-17851. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0804528105>.
- KASPARI, M., S. P. YANOVIK, R. DUDLEY, M. YUAN & N. A. CLAY, 2009. Sodium shortage as a constraint on the carbon cycle in an inland tropical rainforest. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** 106(46): 19405-19409. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0906448106>.



- KASPARI, M., E. A. R. WELTI & K. M. BEURS, 2019. The nutritional geography of ants: Gradients of sodium and sugar limitation across North American grasslands. **Journal of Animal Ecology** 86(2): 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13120>.
- LANZA, J., E. L. VARGO, S. PULIM & Y. Z. CHANG, 1993. Preferences of the fire ants *Solenopsis invicta* and *S. geminata* (Hymenoptera: Formicidae) for amino acid and sugar components of extrafloral nectars. **Environmental Entomology** 22(2): 411-417. DOI: <https://doi.org/10.1093/ee/22.2.411>.
- LEGENDRE, P. & L. LEGENDRE, 2012. **Numerical ecology**: 1-969. Elsevier, Amsterdam.
- LISBOA, P. L. B. & M. G. FERRAZ, 1999. **Estação Científica Ferreira Penna**: ciência e desenvolvimento sustentável na Amazônia. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.
- LONGINO, J. I., J. A. CODDINGTON & R. K. COLWELL, 2002. The ant fauna of a tropical rainforest: estimating species richness three different ways. **Ecology** 83(3): 689-702. DOI: <https://doi.org/10.2307/3071874>.
- MCGLYNN, T. P., D. J. SALINAS, R. R. DUNN, T. E. WOOD, D. LAWRENCE & D. A. CLARK, 2007. Phosphorus limits tropical rain forest litter fauna. **Biotropica** 39(1): 50-53. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2006.00241.x>.
- MOREIRA, A., L. A. C. MORAES & N. K. FAGERIA, 2012. Nutritional limitations in multi-strata agroforestry system with native Amazonian plants. **Journal of Plant Nutrition** 35(12): 1791-1805. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904167.2012.706676>.
- NYAMUKONDIWA, C. & P. ADDISON, 2014. Food preference and foraging activity of ants: recommendations for field applications of low-toxicity baits. **Journal of Insect Science** 14(1): 48. DOI: <https://doi.org/10.1093/jis/14.1.48>.
- O'DONNELL, S., J. M. GARCÍA-C., J. BEARD, T. CHIWOCHA, D. LEWIS, C. LIU, H. PHILLIPS & T. WILLIAMS, 2010. Leaf cutter ants (*Atta cephalotes*) harvest baits offering sodium chloride rewards. **Insectes Sociaux** 57: 205-208. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-010-0069-2>.
- OKSANEN, J., F. GUILLAUME-BLANCHET, M. FRIENDLY, K. KINDT, P. LEGENDRE, D. MCGLINN, P. MIINCHIN, R. B. O'HARA, G. L. SIMPSON, SOLYMOS, H. STEVENS, E. SZOECZ & H. WAGNER, 2018. **vegan**: Community Ecology Package. R package. version 2.5-2. Available from: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>. Accessed in: December 26, 2019.
- OLIVEIRA, P. S. & C. R. F. BRANDÃO, 1991. The ant community associated with extrafloral nectaries in the Brazilian cerrados. In: D. F. CUTLER & C. R. HUXLEY (Ed.): **Ant-plant interactions**: 198-212. Oxford University Press, Oxford.
- OLIVEIRA, L. L., C. F. FERREIRA, A. C. BRAGA & A. PANTOJA, 2008. Precipitação efetiva e interceptação em Caxiuanã, na Amazônia Oriental. **Acta Amazonica** 38(4): 723-732. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672008000400016>.
- PEÑA-VENEGAS, C. P. & G. C. VANEGAS, 2010. **Dinámica de suelos amazónicos procesos de degradación y alternativas para su recuperación**: 1-122. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas "SINCHI", Bogotá.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2018. **R**: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available from: <https://www.R-project.org/>. Accessed in: December 26, 2019.
- SCHMIDT, F. A. & E. DIEHL, 2008. What is the effect of soil use on ant communities? **Neotropical Entomology** 37: 381-388. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2008000400005>.
- SCHUPP, E. W. & D. H. FEENER, 1991. Phylogeny, lifeform, and habitat dependence of ant-defended plants in a Panamanian forest. In: C. R. HUXLEY & D. K. CULVER (Ed.): **Ant-plant interactions**: 175-195. Oxford University Press, Oxford.
- SILVA, R. R. & C. R. F. BRANDÃO, 2014. Ecosystem-wide morphological structure of leaf-litter ant communities along a tropical latitudinal gradient. **PloS One** 9(3). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093049>.
- TINTI, J. M. & C. NOFRE, 2001. Responses of the ant *Lasius niger* to various compounds perceived as sweet in humans: a structure-activity relationship study. **Chemical Senses** 26(3): 231-237. DOI: <https://doi.org/10.1093/chemse/26.3.231>.
- VICENTE, R. E., A. C. FERREIRA, R. C. L. SANTOS & L. P. PRADO, 2018. Ants (Hymenoptera: Formicidae) from an Amazonian fragmented landscape, Juara, Mato Grosso, Brazil, with new records of ant species. **Papéis Avulsos de Zoologia** 58: e20185840. DOI: <https://doi.org/10.11606/1807-0205/2018.58.40>.
- VIEIRA, J. & H. L. VASCONCELOS, 2014. Inter-generic and inter-habitat variation in the demand for sodium by Neotropical ants. **Insectes Sociaux** 62(2): 133-140. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-014-0382-2>.
- WICKHAM, H., 2016. **ggplot2**: elegant graphics for data analysis: 1-259. Springer, Texas.
- YAVITT, J. B., K. E. HARMS, M. N. GARCIA, S. J. WRIGHT, F. HE & M. J. MIRABELLO, 2009. Spatial heterogeneity of soil chemical properties in a lowland tropical moist forest, Panama. **Australian Journal of Soil Research** 47(7): 674-687. DOI: <https://doi.org/10.1071/SR08258>.
- ZAR, J. H., 2010. **Biostatistical analysis**: 1-931. Prentice-Hall, USA.



# Relação entre a circunferência da árvore e a comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) arborícolas em uma área de preservação amazônica

## Relationship between tree circumference and arboreal ants community (Hymenoptera: Formicidae) in a protected area in the Amazon

Joudellys Andrade-Silva<sup>1,II</sup>  | Rony Peterson Santos Almeida<sup>1,III</sup> 

<sup>I</sup>Museu Paraense Emílio Goeldi/MCTIC. Belém, Pará, Brasil

<sup>II</sup>Universidade Federal do Pará. Programa de Pós-Graduação em Zoologia. Belém, Pará, Brasil

**Resumo:** Mecanismos responsáveis pela coexistência de espécies no ambiente têm implicações consideráveis na estruturação da fauna local. Aqui, avaliamos a estrutura da comunidade de formigas em uma área de floresta amazônica preservada, utilizando a circunferência das árvores como um parâmetro de heterogeneidade ambiental. Para isso, selecionamos 29 árvores, com diferentes circunferências a altura do peito (de 11 a 234 cm), e capturamos as formigas que utilizam esse substrato através de *pitfalls* com urina humana. Encontramos 30 espécies de formigas, mas riqueza e composição não foram influenciadas pela circunferência das árvores. Fatores combinados e mais diretamente associados à heterogeneidade ambiental, como a conectividade das árvores, devem ser levados a efeito, a fim de que tenhamos conhecimento sobre os impulsionadores locais de diversidade no estrato vertical de remanescentes amazônicos preservados.

**Palavras-chave:** Ambientes preservados. Floresta Nacional de Caxiuanã. Estrato vertical. Amazônia brasileira. Formigas neotropicais.

**Abstract:** The mechanisms responsible for the coexistence of species in the environment have considerable implications in the structuring of local fauna. We aim to evaluate the structure of the ant community in a protected area in the Amazon rainforest, using trees circumference as a parameter of environmental heterogeneity. We conducted this experiment on 29 trees from different circumferences (from 11 cm to 234 cm), and captured the ants using pitfall traps with human urine. We found 30 ant species, but the tree circumference did not influence either the richness or the composition of ants. Studies on combined factors and more directly associated with environmental heterogeneity, such as the connectivity of trees, must be carried out so that we can understand the local drivers of diversity in the vertical stratum of preserved Amazon forest remnants.

**Keywords:** Preserved environments. Caxiuanã National Forest. Vertical stratum. Brazilian Amazon. Neotropical ants.

---

ANDRADE-SILVA, J. & R. P. S. ALMEIDA, 2020. Relação entre a circunferência da árvore e a comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) arborícolas em uma área de preservação amazônica. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(1): 145-153. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.287>.

Autor para correspondência: Joudellys Andrade-Silva. Museu Paraense Emílio Goeldi/MCTIC. Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia. Av. Perimetral, 1901 - Terra Firme. Belém, PA, Brasil. CEP 66077-830 ([joudellys@gmail.com](mailto:joudellys@gmail.com)).

Recebido em 26/02/2020

Aprovado em 06/04/2020

Responsabilidade editorial: Livia Pires do Prado



## INTRODUÇÃO

Diferentes processos atuam na determinação e regulação das comunidades ecológicas (Ricklefs & Schluter, 1993). Em *habitats* estruturalmente complexos, a riqueza de espécies de formigas (Hymenoptera: Formicidae) é positivamente associada à estrutura do *habitat*, principalmente em locais com alta disponibilidade de recursos e de locais para forrageamento e nidificação (Klimes *et al.*, 2012), como em florestas tropicais.

A disponibilidade de recursos e de sítios para nidificação é componente importante na estruturação das comunidades de formigas (Fagundes *et al.*, 2015). Para formigas arborícolas tropicais, este recurso é fornecido pelas árvores (Ribas *et al.*, 2003). Portanto, o forrageamento, ou mesmo a colonização nesse substrato, depende do nível de qualidade e disponibilidade de alimento, fatores ainda mais relevantes para formigas que utilizam o estrato arbóreo como local para seu desenvolvimento biológico (Tanaka *et al.*, 2010).

Comunidades de formigas arborícolas são estruturadas por diferentes fatores, como especificidade da planta hospedeira (Yamazaki *et al.*, 2016), estágio sucessional (Sousa-Souto *et al.*, 2016), além do espaço e da estratégia de forrageamento adotado pela(s) espécie(s). *Dolichoderus* Lund, 1831, por exemplo, possui maior atividade durante o dia, enquanto *Acanthoponera* Mayr, 1882 apresenta hábitos predominantemente noturnos (Baccaro *et al.*, 2015). Além disso, muitas outras formigas arborícolas forrageiam no solo principalmente durante a noite, quando a riqueza de espécies de formigas epigeicas é menor (Hashimoto *et al.*, 2010). Ainda, há espécies que se especializaram em forragear ou nidificar no solo e em outras partes da vegetação (Campos *et al.*, 2008), o que impulsiona a diversidade e possibilita a coexistência interespecífica.

Portanto, nosso objetivo foi avaliar a estrutura da comunidade de formigas em uma área de floresta amazônica preservada, buscando entender se existe relação entre a organização da comunidade de formigas (riqueza e composição de espécies) e a circunferência das árvores que elas ocupam. Para isso, hipotetizamos

que árvores com maiores circunferências (i) comportam maior riqueza de formigas, uma vez que oferecem maiores áreas para forrageamento e sítios para nidificação; e (ii) impulsionam mudanças na composição específica de formigas, haja vista a associação desta característica com mecanismos que promovem a coexistência de espécies.

## MATERIAL E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

Realizamos o estudo em uma área de terra firme localizada na Estação Científica Ferreira Penna (ECFPn; 1° 42' 30" S; 51° 31' 45" W; Figura 1), um sítio de pesquisa existente na Floresta Nacional (FLONA) de Caxiuanã, na região norte do estado do Pará, Brasil. A FLONA Caxiuanã é uma área primária de floresta amazônica com 330.000 ha, que apresenta, além da floresta de terra firme, várzeas e igapó, manchas de savana e vegetação secundária (Lisboa, 1997). A vegetação é densa, de dossel fechado e com árvores que podem alcançar 50 m de altura (Silva *et al.*, 2003).

### DESENHO AMOSTRAL

Realizamos as coletas nos dias 28 e 29 de novembro de 2017, período que corresponde à estação seca na região. Ao longo de um transecto de 600 m e com auxílio de uma fita métrica, selecionamos 29 árvores, distantes pelo menos 20 m entre si. Direcionamos a escolha das árvores de modo a preencher um gradiente de circunferência à altura do peito (CAP), variando entre 10 cm e 234 cm. De forma alternada, selecionamos uma árvore entre ambos os lados (direito e esquerdo) ao longo do transecto. Estabelecemos a distância mínima entre árvores a partir da última árvore marcada, independentemente do lado amostrado.

### COLETA E IDENTIFICAÇÃO DAS FORMIGAS

Em cada árvore selecionada, inserimos dois *pitfalls* feitos com copos plásticos (180 mL; para detalhes, ver

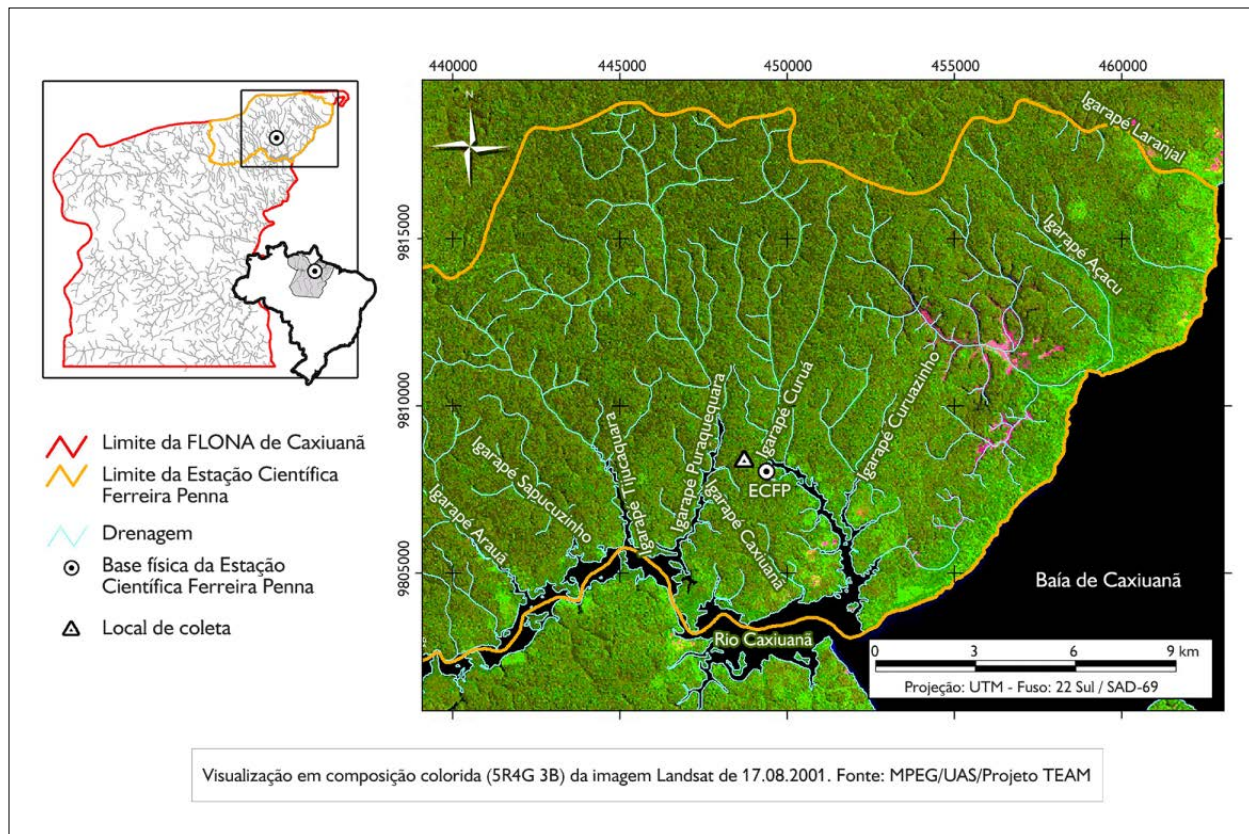


Figura 1. Área de amostragem de formigas na Floresta Nacional de Caxiuanã, Melgaço, Pará, Brasil. Mapa: MPEG/UAS/Projeto TEAM.

Bestelmeyer *et al.*, 2000) – um em cada lado, fixados ao tronco a 2 m de altura. Em cada copo, adicionamos uma solução de urina humana diluída em água, na proporção de 1:3, e acrescida de gotas de detergente neutro. Armadilha utilizando urina como atrativo vem se mostrando eficiente em campo e tem sido utilizada nas abordagens mais recentes sobre formigas em estrato vertical (Powell *et al.*, 2011; Vasconcelos *et al.*, 2017).

Os *pitfalls* permaneceram expostos no tronco de cada árvore por 24 horas. Ao final da exposição, retiramos as formigas da solução e armazenamos em tubos *ependorfs* contendo álcool 96%. No laboratório da ECFPn, processamos e montamos todo o material coletado. Fizemos as identificações das formigas até o nível de gênero, seguindo a chave de identificação fornecida por Baccaro *et al.* (2015); realizamos as identificações

em nível de espécie por meio de comparações com a Coleção Entomológica do Museu Paraense Emílio Goeldi, onde depositamos a coleção de referência.

## ANÁLISES DOS DADOS

Para avaliarmos se árvores com maiores circunferências à altura do peito (CAP) comportam maior riqueza de espécies de formigas, construímos um modelo linear generalizado (GLM) com distribuição *quasipoisson*, aplicando o teste F de Fisher (Crawley, 2013). Para esta análise, utilizamos a função “*glm*” do pacote *stats* (R Core Team, 2019). A validação do modelo seguiu o protocolo gráfico de Zuur *et al.* (2010).

Para avaliarmos se maiores CAP impulsionam mudanças na composição de espécies de formigas, utilizamos uma análise multivariada de permutação

(PERMANOVA) com 9.999 aleatorizações (Clarke, 1993), e considerando a similaridade de Jaccard. Para esta análise, utilizamos a função “adonis” do pacote *vegan* (Oksanen *et al.*, 2019).

Para a visualização gráfica, utilizamos os pacotes *ggplot2* (Wickham, 2016) e *gridExtra* (Auguie, 2017). Realizamos todas as análises no *software* R (R Core Team, 2019) com nível de significância de 5%.

## RESULTADOS

Coletamos 30 espécies de formigas, divididas em 12 gêneros e seis subfamílias (Tabela 1). *Dolichoderus* Lund, 1831 (seis espécies), *Camponotus* Mayr, 1861 (cinco) e *Crematogaster* Lund, 1831 (quatro) foram os gêneros de maiores riquezas. As espécies com maiores frequências de ocorrências nas árvores foram *Crematogaster levior* Longino, 2003 (11 árvores), *Camponotus femoratus* (Fabricius, 1804) (10) e *Camponotus atriceps* (Smith, 1858) (cinco).

Nossa hipótese de que árvores com maiores circunferências comportam maior riqueza de formigas não foi corroborada ( $F_{(1,27)} = 3,525$ ;  $p = 0,071$ ; Figura 2). Ainda, a hipótese de que maiores circunferências arbóreas atuam como impulsionadoras de mudanças na composição específica de formigas também foi refutada (*Pseudo*  $F_{(1,26)} = 1,481$ ;  $R^2 = 0,054$ ;  $p = 0,102$ ; Figura 3).

## DISCUSSÃO

Neste estudo, utilizamos um gradiente de circunferência à altura do peito (CAP) para verificar a sua relação com a estrutura da comunidade de formigas arbóreas em um fragmento preservado de floresta amazônica. Nossos resultados indicam que este parâmetro da comunidade vegetal não explica as alterações na riqueza e composição de formigas, refutando nossa hipótese de que a CAP poderia ser uma importante moduladora da diversidade local de formigas arbóreas. Esse resultado pode estar associado a diversos fatores relacionados à complexidade estrutural da vegetação (Stein *et al.*, 2014) ou mesmo ao comportamento, em muitos casos agressivos e

Tabela 1. Ocorrência das espécies de formigas em 29 árvores amostradas na Floresta Nacional de Caxiuanã, Melgaço, Pará, Brasil.

Subfamília/Espécie	Número de árvores
<b>Dolichoderinae</b>	
<i>Azteca</i> sp.1	4
<i>Azteca</i> sp.2	1
<i>Dolichoderus attelaboides</i> (Fabricius, 1775)	1
<i>Dolichoderus bidens</i> (Linnaeus, 1758)	2
<i>Dolichoderus bispinosus</i> (Olivier, 1792)	1
<i>Dolichoderus decollatus</i> Smith, 1858	1
<i>Dolichoderus imitator</i> Emery, 1894	1
<i>Dolichoderus aff. inpai</i>	1
<b>Ectatomminae</b>	
<i>Ectatomma tuberculatum</i> (Olivier, 1792)	1
<i>Gnamptogenys</i> sp.1	1
<i>Gnamptogenys</i> sp.2	1
<b>Formicinae</b>	
<i>Camponotus apicalis</i> (Mann, 1916)	1
<i>Camponotus atriceps</i> (Smith, 1858)	5
<i>Camponotus femoratus</i> (Fabricius, 1804)	10
<i>Camponotus</i> sp.2	1
<i>Camponotus</i> sp.5	2
<b>Myrmicinae</b>	
<i>Cephalotes atratus</i> (Linnaeus, 1758)	1
<i>Cephalotes</i> sp.2	1
<i>Cephalotes</i> sp.3	1
<i>Crematogaster levior</i> Longino, 2003	11
<i>Crematogaster aff. stollii</i>	1
<i>Crematogaster</i> sp.2	1
<i>Crematogaster</i> sp.4	1
<i>Pheidole biconstricta</i> Mayr, 1870	2
<i>Pheidole</i> sp.2	1
<i>Procryptocerus</i> sp.1	1
<i>Solenopsis</i> sp.1	1
<i>Solenopsis</i> sp.2	1
<b>Paraponerinae</b>	
<i>Paraponera clavata</i> (Fabricius, 1775)	1
<b>Ponerinae</b>	
<i>Anochetus</i> sp.1	1
Total de registros	59



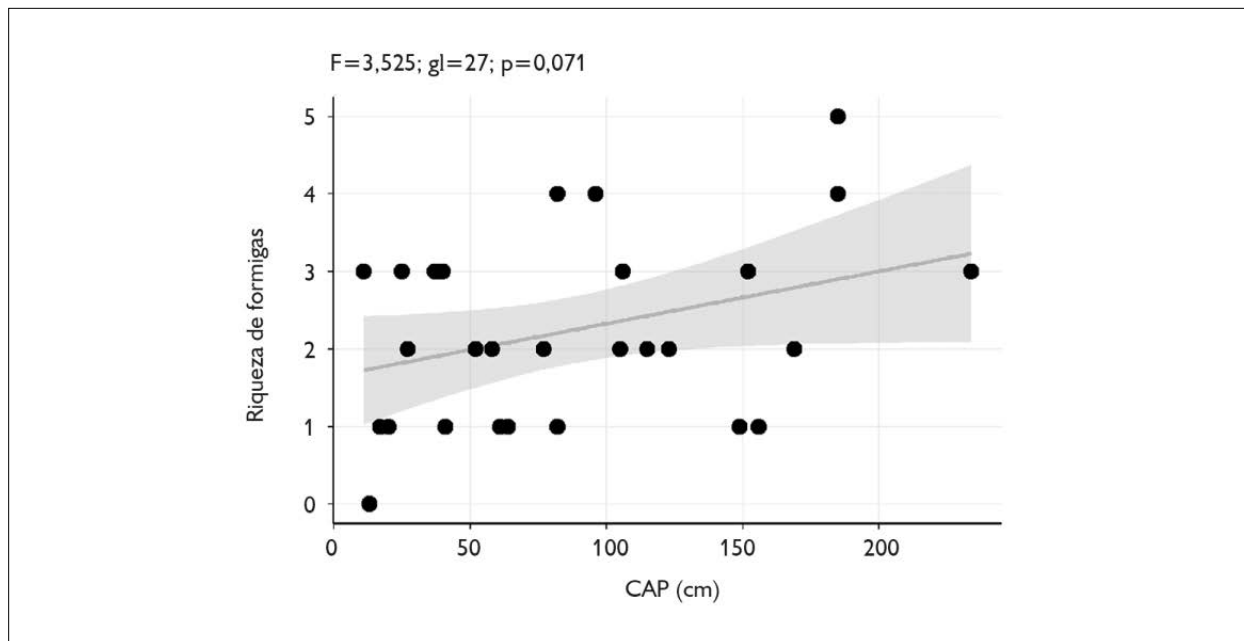


Figura 2. Relação entre a riqueza de espécies de formigas arborícolas e a circunferência à altura do peito (CAP) de árvores na Floresta Nacional de Caxiuanã, Melgaço, Pará, Brasil.

dominantes, das espécies de formigas presentes no estrato arbóreo (Baccaro *et al.*, 2015; Ribeiro *et al.*, 2013).

A conectividade da vegetação é um fator preponderante a influenciar o padrão de comunidades em escala local. Este fator, característico em florestas tropicais preservadas, maximiza, por exemplo, a eficiência de forrageamento de formigas (Jimenez-Soto *et al.*, 2019; Clay *et al.*, 2010), além de contribuir para mudanças na riqueza e na composição de espécies (Adams *et al.*, 2017; Lassau & Hochuli, 2004). A conectividade facilita o acesso a outras árvores de entorno e, na ausência de espécies agressivas e/ou dominantes, favorece o forrageamento de formigas entre diferentes árvores, permitindo que os recursos sejam igualmente acessados pela assembleia de formigas. Isso explicaria, em parte, a ausência de relação entre a circunferência das árvores e a comunidade de formigas. Por outro lado, árvores sem conectividade podem se comportar como ilhas, impedindo o movimento da fauna entre diferentes árvores e preservando a assembleia local (Adams *et al.*, 2017),

contribuindo com a manutenção da riqueza de espécies, independentemente da circunferência arbórea.

A inexistência da relação entre assembleia de formigas e a circunferência das árvores também pode estar vinculada ao comportamento agressivo ou dominante de algumas formigas arbóreas encontradas neste estudo. É possível que a complexidade estrutural do ambiente forneça um *habitat* adequado para o estabelecimento de grandes colônias de formigas agressivas, comuns em florestas tropicais úmidas (Dejean & Corbara, 2003). Este estabelecimento impossibilita a chegada ou a nidificação de espécies menos competitivas, diminuindo a riqueza e impedindo a rotatividade das espécies. De fato, entre os gêneros mais frequentes que encontramos, *Dolichoderus* é dominante em seus *habitats* (Baccaro *et al.*, 2015), enquanto *Camponotus* e *Crematogaster* podem influenciar a distribuição de espécies menos competitivas em florestas tropicais (Dejean *et al.*, 2003).

De toda a fauna de formiga que amostramos, alguns registros merecem destaque. Duas das espécies mais

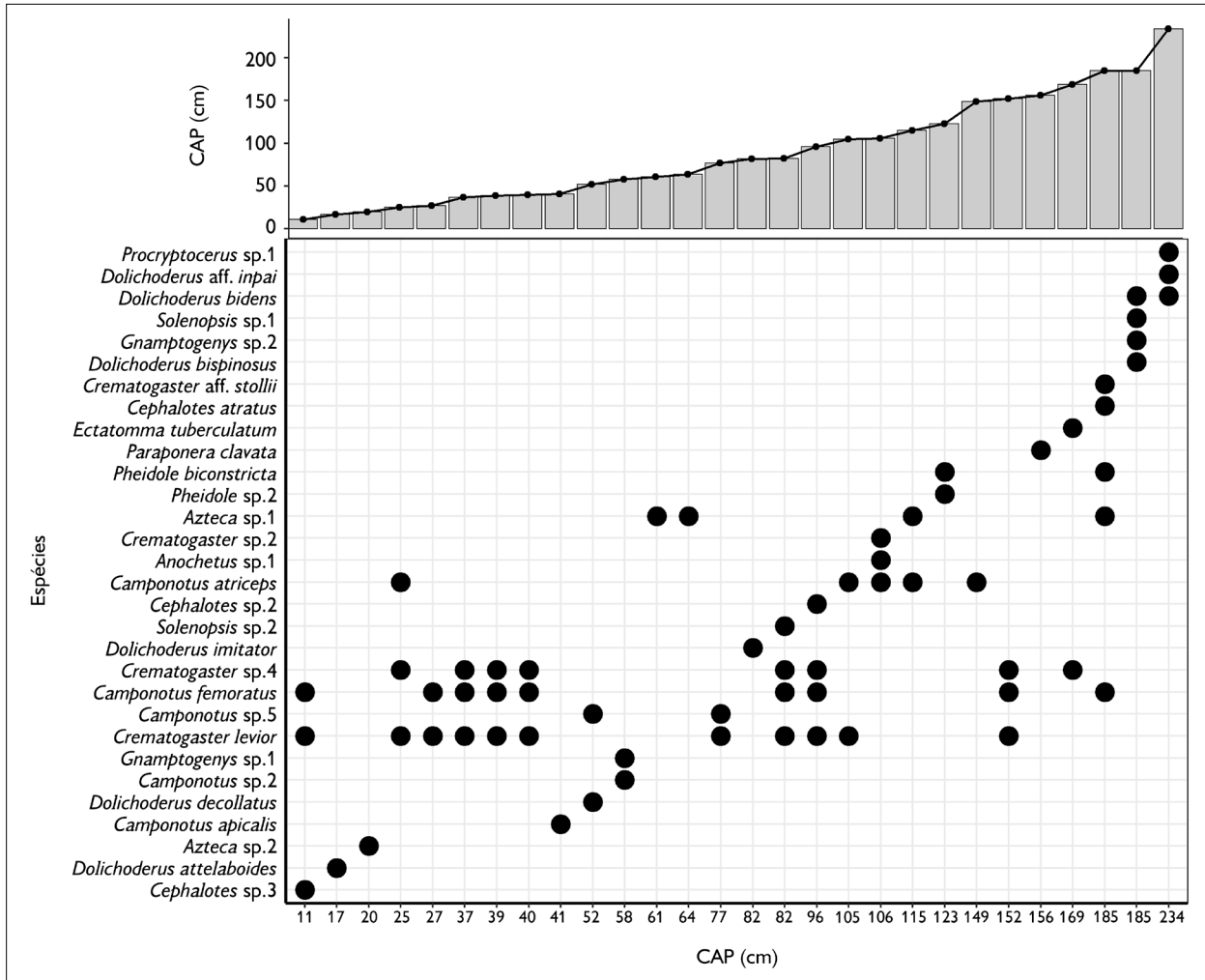


Figura 3. Relação entre a presença de espécies de formigas arborícolas com um gradiente de circunferência à altura do peito (CAP) de árvores na Floresta Nacional de Caxiuanã, Melgaço, Pará, Brasil. As espécies de formigas foram ordenadas de acordo com a média da CAP das árvores em que foram registradas.

frequentes encontradas no presente estudo, *Crematogaster levior* e *Camponotus femoratus*, constituem os jardins de formigas mais comumente encontrados na floresta amazônica (Vicente & Izzo, 2017; Orivel & Leroy, 2011). Nesta interação, embora não exista preferência por forrageamento arbóreo, há diminuição dessa atividade no solo quando se tem maior conectividade entre árvores (Vicente & Izzo, 2017), o que pode explicar a alta ocorrência de ambas as espécies encontrada no presente estudo. Gêneros como *Gnaptogenys* Roger, 1863 e *Anochetus* Mayr, 1861 não

são frequentemente associados à vegetação. Apesar disso, registros dessa natureza não são incomuns (ver Pringle *et al.*, 2019; Ribas *et al.*, 2003) e a literatura aponta a existência de espécies arborícolas ou com forrageamento neste substrato para ambos os gêneros (ver Baccaro *et al.*, 2015).

Durante as coletas, nós observamos que espécies dominantes e/ou agressivas, como *Azteca* sp. 1, *Dolichoderus bispinosus* (Olivier, 1792) e *Dolichoderus decollatus* Smith, 1858, localizaram e monopolizaram o recurso. Estas espécies se posicionaram por toda a borda da armadilha,

dominando o recurso e impedindo o acesso de outras espécies (Apêndice). No entanto, essa detecção não foi simultânea à colocação da armadilha, o que permitiu o acesso de espécies menos competitivas à fonte de recurso. Por outro lado, a armadilha que capturou *Dolichoderus attelaboides* (Fabricius, 1775) não coletou outras espécies de formigas, possivelmente devido à presença de um ninho desta espécie na árvore amostrada. Isso facilitou a detecção do recurso e o domínio imediato da armadilha, evitando o acesso de espécies menos competitivas.

## CONCLUSÃO

A disponibilidade de recursos é um fator modulador das comunidades, por isso esperávamos que, para formigas arborícolas, esse fator se refletisse em árvores de maiores CAP, uma vez que forneceria maiores áreas para forrageamento e locais de nidificação. Contudo, nossos resultados demonstram que a circunferência das árvores não explica variações na riqueza e na composição dessas formigas. Fatores mais diretamente associados à heterogeneidade ambiental, como conectividade das árvores e espécies dominantes, devem ser considerados em estudos futuros, a fim de proporcionar conhecimento quanto aos impulsionadores de diversidade animal no estrato vertical das florestas tropicais em escala local.

## AGRADECIMENTOS

O presente estudo foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - código de financiamento 001, a quem os autores agradecem pelas bolsas recebidas. Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Zoologia da Universidade Federal do Pará, Gleomar Maschio, Marcos Pérsio e Maria Cristina Costa, pela dedicação, sensibilidade, empenho e oportunidades disponibilizados aos autores durante a realização da disciplina "Ecologia de campo da floresta amazônica", de onde os resultados deste estudo são provenientes. Aos dois revisores anônimos, pelos valiosos comentários e sugestões a este estudo.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, B. J., S. A. SCHNITZER & S. P. YANOVIK, 2017. Trees as islands: canopy ant species richness increases with the size of liana-free trees in a Neotropical forest. *Ecography* 40(9): 1067-1075. DOI: <https://doi.org/10.1111/ecog.02608>.
- AUGUIE, B., 2017. **gridExtra**: miscellaneous functions for "grid" graphics. R package version 2.3. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=gridExtra>. Acesso em: 25 janeiro 2020.
- BACCARO, F. B., R. M. FEITOSA, F. FERNANDEZ, I. O. FERNANDES, T. J. IZZO, J. L. P. SOUSA & R. SOLAR, 2015. **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**: 1-388. Editora INPA, Manaus. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.32912>.
- BESTELMEYER, B. T., D. AGOSTI, L. E. ALONSO, C. R. F. BRANDÃO, W. L. BROWN JR., J. H. C. DELABIE & R. SILVESTRE, 2000. Field techniques for the study of ground-living ants: an overview, description, and evaluation. In: D. AGOSTI, J. D. MAJER, L. E. ALONSO & T. R. SCHULTZ (Ed.): **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**: 122-144. Smithsonian Institution, Washington.
- CAMPOS, R. I., C. T. LOPES, W. C. S. MAGALHÃES & H. L. VASCONCELOS, 2008. Estratificação vertical de formigas em cerrado *strictu sensu* no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia* 98(3): 311-316. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0073-47212008000300004>.
- CLARKE, K. R., 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18(1): 117-143. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>.
- CLAY, N. A., M. BAUER, M. SOLIS & S. P. YANOVIK, 2010. Arboreal substrates influence foraging in tropical ants. *Ecological Entomology* 35(4): 417-423. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2010.01197.x>.
- CRAWLEY, M. J., 2013. **The R book**. Wiley, Chichester, West Sussex, United Kingdom.
- DEJEAN, A. & B. CORBARA, 2003. A review of mosaics of dominant ants in rainforests and plantations. In: Y. BASSET, V. NOVOTNY, S. E. MILLER & R. L. KITCHING (Ed.): **Arthropods of tropical forests: spatio-temporal dynamics and resource use in the canopy**: 341-347. Cambridge University Press, Cambridge.
- DEJEAN, A., B. CORBARA, F. FERNÁNDEZ & J. H. DELABIE, 2003. Mosaicos de hormigas arbóreas en bosques y plantaciones tropicales. In: F. FERNÁNDEZ (Ed.): **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**: 149-158. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá.
- FAGUNDES, R., D. V. ANJOS, R. CARVALHO & K. DECLARO, 2015. Availability of food and nesting-sites as regulatory mechanisms for the recovery of ant diversity after fire disturbance. *Sociobiology* 62(1): 1-9. DOI: <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v62i1.1-9>.



- HASHIMOTO, Y., Y. MORIMOTO, E. S. WIDODO, M. MOHAMED & J. R. FELLOWES, 2010. Vertical habitat use and foraging activities of arboreal and ground ants (Hymenoptera: Formicidae) in a bornean tropical rainforest. **Sociobiology** 56: 435-448.
- JIMENEZ-SOTO, E., J. R. MORRIS, D. K. LETOURNEAU & S. M. PHILPOTT, 2019. Vegetation connectivity increases ant activity and potential for ant-provided biocontrol services in a tropical agroforest. **Biotropica** 51(1): 50-61. DOI: <https://doi.org/10.1111/btp.12616>.
- KLIMES, P., C. IDIGEL, M. RIMANDAI, T. M. FAYLE, M. JANDA, G. D. WEIBLEN & V. NOVOTNY, 2012. Why are there more arboreal ant species in primary than in secondary tropical forests? **Journal of Animal Ecology** 81(5): 1103-1112. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2012.02002.x>.
- LASSAU, S. A. & D. F. HOCHULI, 2004. Effects of habitat complexity on ant assemblages. **Ecography** 27: 157-164.
- LISBOA, P. L. B., 1997. **Caxiuanã**: 1-446. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.
- OKSANEN, J., F. G. BLANCHET, M. FRIENDLY, R. KINDT, P. LEGENDRE, D. MCGLINN, P. R. MINCHIN, R. B. O'HARA, G. L. SIMPSON, P. SOLYMOS, M. HENRY, H. STEVENS, E. SZOECS & H. WAGNER, 2019. **vegan**: community ecology package. R package version 2.5-6. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>. Acesso em: 25 janeiro 2020.
- ORIVEL, J. & C. LEROY, 2011. The diversity and ecology of ant gardens (Hymenoptera: Formicidae, Spermatophyta: Angiospermae). **Myrmecological News** 14: 73-85
- POWELL, S., A. N. COSTA, C. T. LOPES & H. L. VASCONCELOS, 2011. Canopy connectivity and the availability of diverse nesting resources affect species coexistence in arboreal ants. **Journal of Animal Ecology** 80(2): 352-360. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2010.01779.x>.
- PRINGLE, E. G., T. F. SANTOS, M. S. GONÇALVES, J. E. HAWES, C. A. PERES & F. B. BACCARO, 2019. Arboreal ant abundance tracks primary productivity in an Amazonian whitewater river system. **Ecosphere** 10(10): e02902. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecs2.2902>.
- R CORE TEAM, 2019. **R**: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 25 janeiro 2020.
- RIBAS, C. R., J. H. SCHOEREDER, M. PIC & S. M. SOARES, 2003. Tree heterogeneity, resource availability, and larger scale processes regulating arboreal ant species richness. **Australian Journal of Ecology** 28(3): 305-314. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1442-9993.2003.01290.x>.
- RIBEIRO, S. P., N. B. ESPÍRITO-SANTO, J. H. C. DELABIE & J. D. MAJER, 2013. Competition, resources and the ant (Hymenoptera: Formicidae) mosaic: a comparison of upper and lower canopy. **Myrmecological News** 18: 113-120.
- RICKLEFS, R. E. & D. SCHLUTER, 1993. **Species diversity in ecological communities**: historical and geographical perspectives. University of Chicago Press, Chicago.
- SILVA, A. S. L., S. S. ALMEIDA & C. S. ROSÁRIO, 2003. Flórua fanerogâmica da Estação Científica Ferreira Penna (ECFPn): caracterização dos ecossistemas e lista preliminar de espécies. **Resumos do Seminário de 10 anos de atividades da ECFPn, Caxiuanã** Seção 1.
- SOUSA-SOUTO, L., P. M. G. FIGUEIREDO, B. G. AMBROGI, A. C. F. OLIVEIRA, G. T. RIBEIRO & F. S. NEVES, 2016. Composition and richness of arboreal ants in fragments of Brazilian Caatinga: effects of secondary succession. **Sociobiology** 63(2): 762-769. DOI: <http://dx.doi.org/10.13102/sociobiology.v63i2.909>.
- STEIN, A., K. GERSTNER & H. KREFT, 2014. Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa, biomes and spatial scales. **Ecology Letters** 17(7): 866-880. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/ele.12277>.
- TANAKA, H. O., S. YAMANE & T. ITIOKA, 2010. Within-tree distribution of nest sites and foraging areas of ants on canopy trees in a tropical rainforest in Borneo. **Population Ecology** 52(1): 147-157. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10144-009-0172-2>.
- VASCONCELOS, H. L., J. B. MARAVALHAS, R. M. FEITOSA, R. PACHECO, K. C. NEVES & A. N. ANDERSEN, 2017. Neotropical savanna ants show a reversed latitudinal gradient of species richness, with climatic drivers reflecting the forest origin of the fauna. **Journal of Biogeography** 45(1): 248-258. DOI: <https://doi.org/10.1111/jbi.13113>.
- VICENTE, R. E. & T. J. IZZO, 2017. Defining habitat use by the parabioc ants *Camponotus femoratus* (Fabricius, 1804) and *Crematogaster levior* Longino, 2003. **Sociobiology** 64(4): 373-380. DOI: <http://dx.doi.org/10.13102/sociobiology.v64i4.1228>.
- WICKHAM, H., 2016. **ggplot2**: elegant graphics for data analysis. Springer-Verlag, New York.
- YAMAZAKI, L., J. DAMBROZ, E. MEURER, V. F. VINDICA, J. H. C. DELABIE, M. I. MARQUES & L. D. BATTIROLA, 2016. Ant community (Hymenoptera: Formicidae) associated with *Callisthene fasciculata* (Spr.) Mart. (Vochysiaceae) canopies in the Pantanal of Poconé, Mato Grosso, Brazil. **Sociobiology** 63(2): 735-743. DOI: <http://dx.doi.org/10.13102/sociobiology.v63i2.824>.
- ZUUR, A. F., E. N. IENO & C. S. ELPHICK, 2010. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. **Methods in Ecology and Evolution** 1(1): 3-14. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2009.00001.x>.

Apêndice. Espécies dominantes *Dolichoderus decollatus* Smith, 1858 (A) e *Dolichoderus bispinosus* (Olivier, 1792) (B) monopolizando as armadilhas *pitfall* na vegetação. Fotos: Rony Peterson Santos Almeida (2017).







# Relações alométricas entre os tamanhos de sementes artificiais removidas e de formigas em um fragmento florestal na Amazônia Central

## Allometric relationships between artificial seeds size and ants size in dispersal events in a fragmented forest in Central Amazonia

Lilian Caroline Nunes de Matos<sup>I,II</sup>  | Flavia Delgado Santana<sup>II</sup>  | Fabricio Beggiate Baccaro<sup>III,IV</sup> 

<sup>I</sup>Instituto Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas, Brasil

<sup>II</sup>Universidade Federal do Amazonas. Programa de Iniciação Científica. Manaus, Amazonas, Brasil

<sup>III</sup>Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, Brasil

<sup>IV</sup>Universidade Federal do Amazonas. Departamento de Biologia. Manaus, Amazonas, Brasil

**Resumo:** As formigas são os principais dispersores invertebrados de sementes encontradas no solo. No entanto, ainda conhecemos pouco sobre a história natural das espécies de formigas e como elas poderiam atuar na dispersão de sementes. Em busca de padrões alométricos entre formigas e sementes, que poderiam ser extrapolados para outros locais e outras espécies, comparamos modelos de sementes artificiais com tamanhos diferentes e os relacionamos com algumas medidas de tamanho das formigas. As sementes artificiais foram oferecidas em seis transectos com dez pontos de observação instalados no *campus* da Universidade Federal do Amazonas, em Manaus. Foram registradas 20 espécies de formigas interagindo com as sementes artificiais. Formigas do gênero *Ectatomma* removeram uma quantidade maior de sementes, seguidas por *Pheidole*, *Odontomachus* e *Pachycondyla*. A maior distância percorrida foi de 5,10 m, em um evento de dispersão por *E. brunneum* Smith, 1858. Formigas menores de 2 mm não removeram nenhum dos modelos de sementes artificiais, mas consumiram o arilo artificial no local onde a semente foi oferecida. Nossos resultados reforçam que a qualidade da dispersão de sementes é dependente da identidade do parceiro (espécie de formiga), mas que formigas maiores removem mais sementes e a distâncias maiores.

**Palavras-chave:** Comportamento. Mirmecocoria. Mutualismo. Floresta tropical.

**Abstract:** Ants are the main invertebrate seed dispersers found on the forest floor. However, we still know little about the natural history of ant species, and how they act on seed dispersal. Aiming to find allometric patterns between ants and seeds that could be extrapolated to other locations and different ant species, we compared artificial seed models with seed sizes and related them to ant size. Artificial seeds were placed in six transects, each with 10 observation spots, at the campus of the Federal University of Amazonas, Manaus. Twenty species of ants interacting with artificial seeds were recorded. Ants of the genus *Ectatomma* removed the larger amount of seeds, followed by genera *Pheidole*, *Odontomachus* and *Pachycondyla*. The longest dispersal distance recorded was 5.10 m, performed by *E. brunneum* Smith, 1858. Ants smaller than 2 mm did not remove any of the artificial seeds. In all interactions, the ants only cleaned the arils on the spot where the seed was offered. Our results reinforce that the quality of seed dispersal will depend on the identity of the partner (ant), and that larger ants may remove more seeds, and at greater distances, more often.

**Keywords:** Behavior. Myrmecochory. Mutualism. Tropical forest.

---

MATOS, L. C. N., F. D. SANTANA & F. B. BACCARO, 2020. Relações alométricas entre os tamanhos de sementes artificiais removidas e de formigas em um fragmento florestal na Amazônia Central. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(1): 155-164. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.283>.

Autor para correspondência: Fabricio Beggiate Baccaro. Universidade Federal do Amazonas. Instituto de Ciências Biológicas. Av. General Rodrigo Octávio, 6200 – Coroado I. Manaus, AM, Brasil. CEP 69077-000 ([baccaro@ufam.edu.br](mailto:baccaro@ufam.edu.br)).

Recebido em 19/02/2020

Aprovado em 10/04/2020

Responsabilidade editorial: Rony Peterson Santos Almeida



## INTRODUÇÃO

Em regiões neotropicais, a maioria das sementes das plantas é dispersa por animais vertebrados (Pijl, 1982). Parte dessas sementes pode cair no chão, espontaneamente ou pela ação de vertebrados, podendo ser dispersas por invertebrados (Christianini & Oliveira, 2010). Alguns grupos de invertebrados podem proporcionar benefícios à planta, ao dispersarem secundariamente sementes desses frutos caídos no chão da floresta (Vander Wall & Longland, 2004; Christianini & Oliveira, 2009, 2010, 2013; Dausmann, 2008; Rico-Gray & Oliveira, 2007). Devido à alta diversidade e à abundância de formigas nos trópicos, acredita-se que esses organismos sejam os principais invertebrados dispersores de sementes encontradas no solo (Pizo *et al.*, 2005).

A dispersão de sementes por formigas, ou mirmecocoria, é uma das interações animal-planta mais estudadas ao longo das últimas décadas (Leal, 2003). As formigas removem as sementes do chão, logo abaixo da planta-mãe, levam-nas para a colônia, se alimentam do arilo descartando-as no lixo do formigueiro, onde as sementes germinam (Gorb & Gorb, 1999; Giladi, 2006). Em alguns casos, durante o transporte para o formigueiro, algumas sementes podem ser perdidas pelas formigas, germinando e se estabelecendo em outros locais fora dos formigueiros, mas afastados da planta-mãe (Beattie, 1985). A dispersão secundária por formigas favorece o rearranjo das sementes depositadas pelos dispersores primários e a proteção contra predação, quando levadas para o formigueiro, influenciando o sucesso reprodutivo e a estrutura espacial das populações locais das plantas (Horvitz, 1981; Robert & Heithaus, 1986; Pizo *et al.*, 2005).

O tamanho das formigas geralmente determina a maneira como elas carregam as sementes, além de ser um bom preditor da distância de dispersão nas interações especialistas de mirmecocoria (Ness *et al.*, 2004) e de dispersão de sementes não mirmecocóricas (Leal, 2003). Estudos de dispersão de sementes não mirmecocóricas por formigas, realizados em diferentes ecossistemas,

têm mostrado que a relação entre o peso das sementes e o tamanho da formiga é um dos principais fatores de mediação tanto da qualidade quanto da quantidade dessas interações (e.g. Cerrado, Leal & Oliveira, 1998; Caatinga, Leal, 2003; e Floresta Atlântica, Pizo & Oliveira, 2000). Comparativamente, sementes pequenas tendem a ser removidas independentemente do tamanho da formiga, enquanto sementes grandes são removidas com mais frequência por formigas grandes (Gorb & Gorb, 1995; Ness *et al.*, 2004; Peternelli *et al.*, 2004). As formigas grandes geralmente têm mais facilidade de carregar as sementes, dispersando maior quantidade delas, a maiores distâncias; por isso, costumam ser apontadas como dispersores mais eficientes (Pizo & Oliveira, 2000; Pizo *et al.*, 2005). Uma das hipóteses é a de que a maior eficácia na remoção de sementes por formigas maiores esteja relacionada à sua morfologia (*i.e.* tamanho da mandíbula, tamanho do tarso, comprimento do corpo) (Pizo *et al.*, 2005; Giladi, 2006). Embora seja reconhecida a importância das formigas como o principal grupo de dispersores secundários nas regiões neotropicais, ainda são poucos os estudos que investigaram as relações alométricas das interações formiga-sementes não mirmecocóricas.

Sementes artificiais são especialmente úteis em estudos alométricos, onde é possível criar sementes com tamanhos e pesos diferentes, mas com mesma composição de arilo. Os estudos com sementes artificiais ainda são poucos, mas a escolha pela utilização de sementes artificiais está geralmente associada às amostragens rápidas da comunidade de formigas dispersoras ou a comparações de assembleias de formigas entre ambientes (Raimundo *et al.*, 2004; Henao-Gallego *et al.*, 2011; Bieber *et al.*, 2014; Rabello *et al.*, 2015). O objetivo desta pesquisa foi investigar as relações entre os tamanhos da semente artificial e da formiga em eventos de dispersão de sementes artificiais em um fragmento florestal urbano. Mais precisamente, são investigadas as seguintes hipóteses: i) a remoção de sementes artificiais é determinada pelo tamanho da formiga; e ii) a distância percorrida pela formiga

no evento de dispersão está relacionada com o peso da semente artificial e o tamanho da formiga.

## MATERIAL E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no *campus* universitário da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), localizado na cidade de Manaus (3,0964 S; 59,9648 O). O *campus* da UFAM possui área de aproximadamente 600 hectares e é considerado um dos maiores fragmentos urbanos de floresta tropical do Brasil. A paisagem do *campus* é formada por platôs, vertentes e baixios, sendo coberta por floresta tropical de terra firme, por florestas de crescimento secundário, por campinaranas e áreas desmatadas (Nery *et al.*, 2004; Borges & Guilherme, 2000). Os experimentos de remoção de sementes foram realizados em áreas de platô e baixo em floresta de terra firme, ao redor do setor sul do *campus*. A floresta, nessa área, não é secundária, mas muitas árvores grandes foram retiradas durante a construção do *campus* (Nery *et al.*, 2004).

### EXPERIMENTO DE INTERAÇÃO FORMIGA-SEMENTE

Utilizamos sementes artificiais de diferentes tamanhos. Após vários testes, o protocolo mais adequado para a produção das sementes artificiais foi: misturar gordura vegetal hidrogenada (75,5% em relação ao peso total), frutose (5%), sacarose (5%), glicose (4,7%), glutamina (6,8%) e carbonato de cálcio (3%); aquecer a mistura a 200 °C por 30 segundos no micro-ondas e deixá-la esfriar em temperatura ambiente. Depois de frio, o arilo artificial foi cortado e colocado nos polos dos diferentes modelos

de miçangas (que representam a semente) (Figura 1A). A textura do arilo artificial ficou pegajosa o suficiente para que ele permanecesse acoplado à miçanga (Figura 1B). Esse protocolo foi adaptado de Rabello *et al.* (2015), produzido no Laboratório de Biologia Animal da Pós-Graduação da Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

Antes da realização dos experimentos em campo, foi realizada a pesagem das sementes artificiais (miçangas) com e sem arilo. O peso médio das sementes artificiais foi determinado após a pesagem de pelo menos 20 miçangas de cada modelo. Os modelos de sementes artificiais com arilo foram classificados, pelo tamanho, em pequeno, médio e grande, de acordo com os pesos médios de sementes naturais encontrados na literatura (Tabela 1).

Para a realização dos experimentos de remoção, estabelecemos seis transectos de 100 m, com dez pontos de observação. Em cada ponto, oferecemos dez sementes, sendo cinco sementes grandes e cinco sementes médias ou pequenas, a cada 10 m. Ou seja, em cada ponto, foram

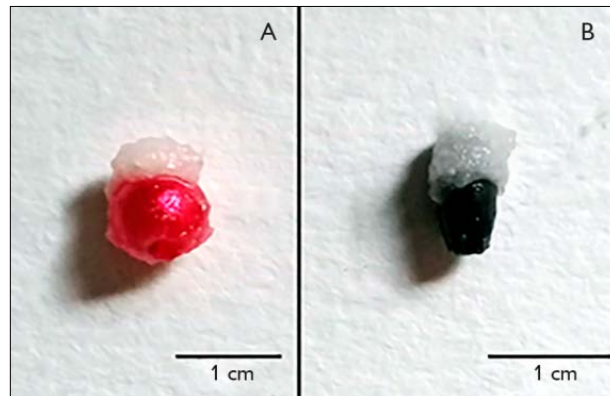


Figura 1. A) Miçangas usadas para elaboração das sementes artificiais e posição do arilo artificial nos polos das miçangas: A) semente artificial com tamanho médio; B) semente artificial com tamanho pequeno. Fotos: Lilian Matos (2019).

Tabela 1. Peso dos diferentes modelos de sementes artificiais, distância média e quantidade de remoções.

Semente	Peso médio com arilo (g)	Peso médio sem arilo (g)	Distância média (cm)	Número de remoções (%)
Pequena	0,04	0,02	184	36,0
Média	0,05	0,03	169	38,6
Grande	0,09	0,03	204	49,5

oferecidos às formigas dois tamanhos de sementes. No total, foram 100 sementes por transecto (25 sementes pequenas, 25 sementes médias e 50 sementes grandes). As sementes foram depositadas diretamente no solo da floresta, e foi feito o monitoramento no período de 60 minutos ou até todas as sementes serem transportadas pelas formigas. Seguimos todas as formigas que carregaram as sementes artificiais até a entrada do ninho, ou até o local onde a semente foi abandonada. Logo em seguida, medimos a distância linear entre o ponto de observação (onde a semente foi oferecida) e a entrada no ninho ou o local onde a semente foi abandonada. Ao longo do experimento, as espécies de formigas que interagiram com as sementes foram coletadas e armazenadas em álcool 70%, para posterior identificação. Consideramos interação quando a operária consumiu o arilo artificial sem remover a semente, recrutou outras operárias ou tentou remover (pegando e soltando a semente). Os experimentos de remoção ocorreram entre 8:00 e 16:00 h.

Usamos o comprimento de Weber como medida do tamanho da formiga. O comprimento de Weber é a medida em linha reta considerando-se a extensão da base occipital (junção entre a cabeça e o mesossoma) à base do mesossoma (Figura 2). O comprimento de Weber é frequentemente usado em estudos com formigas, pois desconsidera possíveis efeitos fisiológicos momentâneos, como o estado nutricional (Parr *et al.*, 2017). Foram

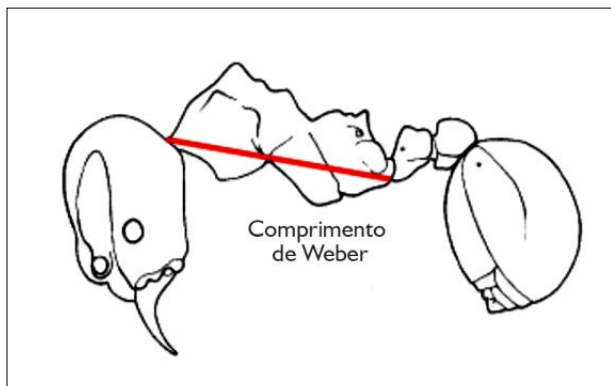


Figura 2. Vista lateral de uma formiga indicando o comprimento de Weber. Adaptado de Baccaro *et al.* (2015).

medidos exemplares capturados em cada ponto de coleta, independente da espécie. Ou seja, todos os espécimes da mesma espécie amostrados em cada ponto de observação foram medidos. Posteriormente, calculamos a média do comprimento de Weber para cada espécie.

## ANÁLISE DOS DADOS

Usamos um modelo generalizado misto (GLMM), com distribuição binomial dos resíduos, para investigar se a remoção de sementes artificiais está positivamente relacionada com o tamanho da formiga. Nessa análise, a variável independente foi o tamanho da operária e a variável dependente foi o resultado da interação com as sementes artificiais (removeu ou não removeu). A unidade amostral foi a interação entre a semente e a operária. Declaramos o ponto de observação como variável randômica para controlar a autocorrelação espacial entre os pontos de observação.

Para investigar se o peso da semente artificial e o tamanho da formiga estão relacionados com a distância percorrida pela formiga no evento de dispersão, usamos um GLMM com distribuição gaussiana nos resíduos. Nessa análise, a variável dependente foi a distância percorrida no evento de remoção e as variáveis independentes foram o peso da semente e o tamanho da formiga. Como o tamanho das formigas variou bastante, dividimos a distância percorrida pelo tamanho médio do corpo da formiga. Dessa forma, a distância percorrida durante o evento de dispersão foi expressa em termos de comprimento do corpo. Fizemos essa transformação para padronizar os dados de distância, já que formigas grandes andam maiores distâncias e cobrem maior área de vida (Baccaro & Ferraz, 2011). Nessa análise, a unidade amostral também foi o evento de remoção, e declaramos o ponto de observação como variável randômica para controlar possíveis correlações entre os pontos de observação. Calculamos o  $R^2$  marginal e condicional para cada GLMM, para medir a importância da variável aleatória (local onde a semente foi oferecida) em nossos resultados. O  $R^2$  marginal fornece a

variação explicada apenas pelos efeitos fixos, enquanto o  $R^2$  condicional fornece a variação explicada pelos efeitos fixos e aleatórios no modelo (Nakagawa & Schielzeth, 2013).

Todas as análises foram realizadas no programa estatístico R (R Core Team, 2019), com a ajuda dos pacotes *lme4* (Bates *et al.*, 2015) e *lmerTest* (Kuznetsova *et al.*, 2017). Os gráficos foram gerados por meio dos pacotes *visreg* (Breheny & Burchett, 2017) e *ggplot2* (Wickham, 2016).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nós registramos 20 espécies de formigas pertencentes a sete gêneros interagindo com as sementes artificiais (Tabela 2). A riqueza de espécies que interagiram com as sementes artificiais pode ser considerada relativamente

alta, se comparada a outros estudos realizados em floresta ombrófila (Camargo *et al.*, 2016; Santana *et al.*, 2016; Bieber *et al.*, 2013). No entanto, entre as 20 espécies de formigas, apenas oito removeram as sementes.

Os gêneros/espécies de formigas registrados são os que comumente são descritos interagindo com sementes naturais em ecossistemas brasileiros, como as espécies dos gêneros *Ectatomma* e *Pheidole*. No nosso estudo, espécies desses gêneros foram responsáveis pelo maior número de remoções das sementes artificiais (Tabela 2). Espécies de *Ectatomma* e *Pheidole* são atraídas principalmente por arilos ricos em lipídio e carboidrato (Santana *et al.*, 2013; Pizo & Oliveira, 2000), principais ingredientes do arilo artificial utilizado no nosso estudo. Os pontos onde foram

Tabela 2. Lista de espécies, tamanho médio da formiga (baseado no comprimento de Weber), maior distância percorrida carregando a semente, número de eventos de remoção registrados e número de sementes removidas no *campus* da UFAM.

Espécie	Tamanho médio (mm)	Maior distância (cm)	Número de eventos de remoção	Número de sementes removidas
<i>Ectatomma brunneum</i>	3,49	510	31	227
<i>Monomorium</i> sp1	0,78	0	0	0
<i>Monomorium</i> sp2	0,75	0	0	0
<i>Monomorium</i> sp3	0,75	0	1	0
<i>Neoponera</i> sp.	3,76	186	1	1
<i>Odontomachus bauri</i> Emery, 1892	3,16	51	1	2
<i>Odontomachus haematodus</i> (Linnaeus, 1758)	3,45	113	1	6
<i>Pachycondyla</i> sp1	2,43	36	1	1
<i>Pachycondyla striata</i> Smith, 1858	2,46	40	1	4
<i>Pheidole</i> sp1	0,75	0	1	0
<i>Pheidole</i> sp2	1,2	360	2	10
<i>Pheidole</i> sp3	0,79	0	1	0
<i>Pheidole</i> sp4	0,88	0	1	0
<i>Pheidole</i> sp5	1,07	120	1	10
<i>Pheidole</i> sp6	0,81	0	2	0
<i>Pheidole</i> sp7	1,2	0	0	0
<i>Solenopsis</i> sp2	0,71	0	4	0
<i>Solenopsis</i> sp3	0,91	0	1	0
<i>Solenopsis</i> sp4	0,91	0	1	0
<i>Solenopsis</i> sp5	0,57	0	2	0



registradas espécies dos gêneros *Odontomachus*, *Neoponera* e *Pachycondyla* tiveram pouca remoção, o que difere de outros estudos onde geralmente as formigas desses gêneros são relatadas como principais dispersoras de sementes (Pizo *et al.*, 2005). Como foi observado por Bieber *et al.* (2013), os gêneros *Neoponera* e *Pachycondyla* são menos frequentes em florestas antropizadas, por isso, é possível que o padrão esteja relacionado ao fato de os nossos experimentos terem ocorrido em áreas com algum nível de perturbação antrópica. Em alguns casos, as formigas somente consumiram o arilo, sem retirar as sementes do local, como ocorreu com espécies dos gêneros *Monomorium*, *Pheidole* e *Solenopsis* (majoritariamente pequenas: comprimento de Weber < 1,5 mm).

Sementes das três classes de tamanho foram removidas em proporções similares (Tabela 1). Na maioria dos casos, as formigas carregaram as sementes até o formigueiro, mas, em alguns eventos, somente coletavam o arilo no ponto de observação, sem remover a semente (Figura 3). A espécie *Ectatomma brunneum*, que está entre as maiores e mais abundantes formigas no nosso estudo, conseguiu remover todos os tipos de

sementes artificiais. Formigas da espécie *E. brunneum* são consideradas dispersoras de sementes de alta qualidade (Zelikova & Breed, 2008; Leal *et al.*, 2013) pelo tamanho de suas mandíbulas e pernas, que facilitam o transporte das sementes e o deslocamento a distâncias maiores (Gómez *et al.*, 2005). A espécie *Pheidole* sp2, apesar de ser relativamente menor, também removeu sementes de diferentes tamanhos até seu formigueiro (Tabela 2).

O tamanho da formiga foi um fator determinante nas remoções de sementes. Formigas menores do que 1,5 mm praticamente não removeram sementes, apenas se alimentaram do arilo (Figura 3), a exemplo da maioria das espécies dos gêneros *Pheidole*, *Solenopsis* e *Monomorium* (Tabela 2). Já formigas com comprimento de Weber maiores do que 2 mm removeram sementes frequentemente (GLMM;  $p < 0,001$ , Figura 4). O  $R^2$  condicional (0,91) explicou boa parte da variação do modelo ( $R^2$  marginal = 0,66), sugerindo que o resultado da interação (remoção ou não remoção) é muito variável entre os pontos de observação.

A menor distância percorrida entre o ponto de observação e a entrada do ninho foi de 0,36 m



Figura 3. A-B) Formigas do gênero *Pheidole* consumindo o arilo das sementes artificiais sem removê-las. Em B, também é possível ver uma operária de *E. brunneum* removendo uma semente artificial em meio ao ataque das operárias de *Pheidole*. Fotos: Lilian Matos (2019).



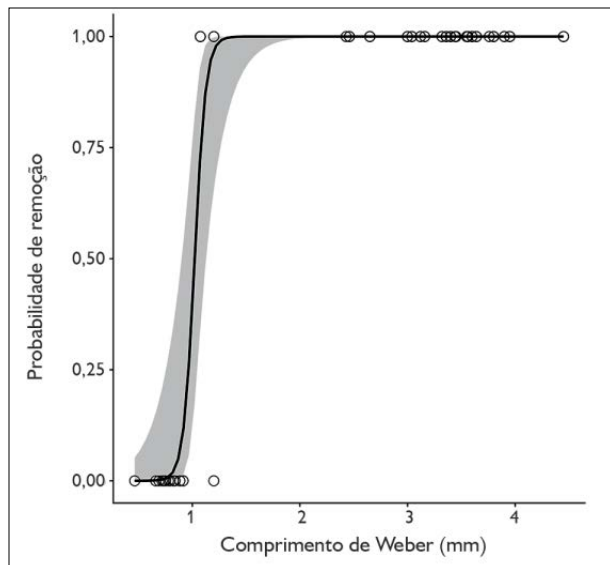


Figura 4. Relação entre remoção de sementes artificiais e comprimento do corpo de formigas no *campus* da UFAM.

(*Pachycondyla* sp1). A maior distância de 5,10 m foi percorrida por *Ectatomma brunneum*, seguido de *Pheidole* sp2, que carregou as sementes artificiais por 3,60 m. Já indivíduos de *Neoponera* sp1 carregaram a semente artificial por 1,86 m (único registro) e as espécie de *Odontomachus*

*haematodus* carregaram as sementes artificiais por até 1,13 m (Tabela 2).

Como esperado, formigas maiores removeram sementes a maiores distâncias (Tabela 2). No entanto, ao padronizar a distância percorrida pelo tamanho do corpo, essa relação se inverte. O comprimento do corpo da formiga foi o melhor preditor da distância proporcional percorrida (GLMM;  $p < 0,001$ , Figura 5A), já o peso da semente não influenciou a distância da remoção (GLMM;  $p = 0,954$ , Figura 5B). Formigas menores removeram sementes a distâncias proporcionalmente maiores (Figura 5A). O  $R^2$  condicional do modelo explicou  $\sim 64\%$  da variância, enquanto que somente os fatores fixos explicaram  $\sim 43\%$  da variação das distâncias percorridas pelas formigas. Esses resultados sugerem que os locais de observação (onde as sementes foram oferecidas) afetam as distâncias percorridas, o que faz sentido, uma vez que o local onde a semente é oferecida determina a distância a ser percorrida até a entrada do formigueiro.

O padrão encontrado entre distância percorrida e tamanho relativo foi o oposto do que esperávamos, porém ressalta que formigas menores não devem ser negligenciadas

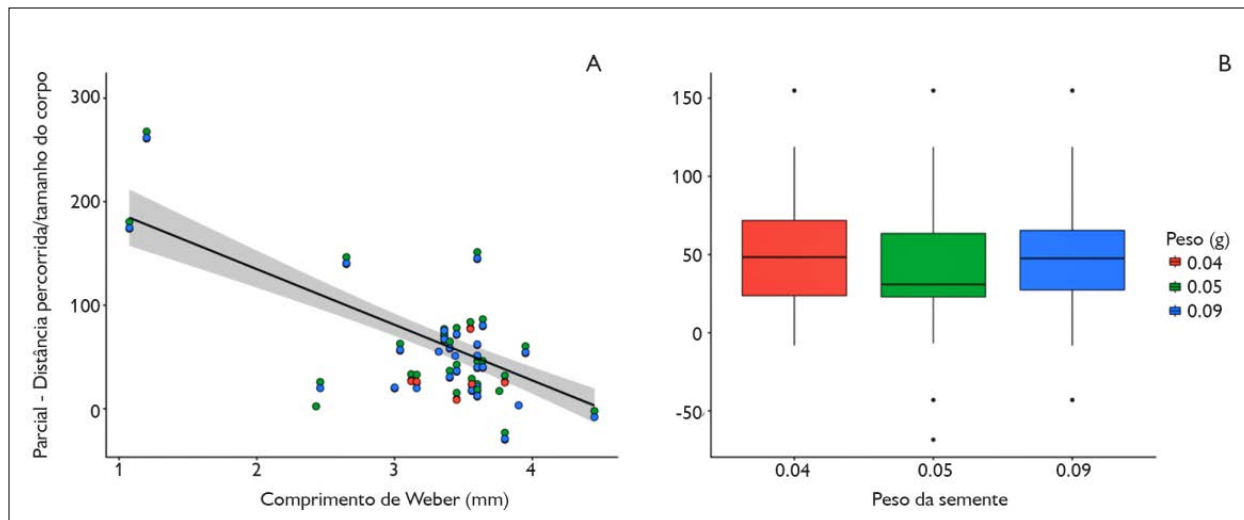


Figura 5. Relação entre distância percorrida proporcional ao tamanho do corpo e o comprimento da formiga (A), e ao peso da semente artificial (B), como indicado pelo modelo linear generalizado misto (GLMM). Cada ponto representa um evento de interação formiga-semente artificial. Os gráficos usam resíduos parciais da variável resposta e, portanto, mostram o efeito do preditor mantendo o efeito do outro preditor em seu valor médio. Isso explica os valores negativos nos dois gráficos.

nos estudos de dispersão de sementes. Do ponto de vista das plantas, as formigas pequenas podem desempenhar papel importante como dispersoras de sementes, principalmente em áreas florestais com algum nível de antropização e defaunação (Bieber *et al.*, 2014). Embora a distância de remoção de sementes realizada pelas formigas menores seja questionável, para determinadas espécies de plantas (eg. herbáceas e arbustos), pequenas distâncias de remoção podem ser suficientes para diminuir os efeitos dos eventos de mortalidade dependente de densidade (Ness *et al.*, 2004). Em conjunto, nossos resultados sugerem que o peso da semente pode influenciar na decisão de remover ou não a semente, que é mediada pelo tamanho da formiga (Figura 4). Formigas suficientemente grandes removem as sementes às diferentes distâncias, independente do seu peso (Figura 5A).

Vale ressaltar que usamos miçangas de formatos diferentes para criar sementes com pesos diferentes. Com exceção de uma miçanga redonda, usamos formatos elípticos, por serem mais similares à forma das sementes naturais (Figura 1). Dessa maneira, acreditamos que o formato não deve ter influenciado os resultados apresentados aqui. No entanto, seria interessante investigar se mudanças no centro de gravidade das sementes (artificiais ou naturais), normalmente associados com formatos diferentes, podem alterar os padrões de dispersão de sementes por formigas.

## CONCLUSÃO

Este trabalho buscou investigar a relação entre tamanho da formiga e peso da semente em eventos de dispersão, utilizando sementes artificiais. Considerando a diversidade de tamanhos de sementes que existem na natureza, nossos resultados sugerem que, independentemente do peso, a semente pode ser removida a grandes distâncias, desde que a espécie de formiga interagindo seja relativamente grande (> 2 mm de comprimento). Nossos resultados reforçam que a qualidade do serviço oferecido é fortemente dependente da identidade do parceiro (espécie de formiga).

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Nataly Meneses e Dionei Oliveira Gomes, pela ajuda na realização dos experimentos em campo, e a Thalita Ferreira dos Santos, pela ajuda na triagem e identificação das formigas. L.C.N.M agradece à bolsa do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PIBIC/CNPq) da Universidade Federal do Amazonas.

## REFERÊNCIAS

- BACCARO, F. B. & G. FERRAZ, 2013. Estimating density of ant nests using distance sampling. *Insectes Sociaux* 60(1): 103-110. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-012-0274-2>.
- BACCARO, F. B., R. M. FEITOSA, F. FERNANDEZ, I. O. FERNANDES, T. J. IZZO, J. L. P. SOUZA & R. SOLAR, 2015. **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**: 1-388. Editora INPA, Manaus.
- BATES, D., M. MAECHLER, B. BOLKER & S. WALKER, 2015. Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software* 67(1): 1-48. DOI: <http://dx.doi.org/doi:10.18637/jss.v067.i01>.
- BEATTIE, A. J., 1985. **The evolutionary ecology of ant-plant mutualisms**. Cambridge University Press, Cambridge.
- BIEBER, A. G. D., P. S. D. SILVA & P. S. OLIVEIRA, 2013. Attractiveness of fallen fleshy fruits to ants depends on previous handling by frugivores. *Écoscience* 20(1): 85-89. DOI: <https://doi.org/10.2980/20-1-3573>.
- BIEBER, A. G. D., P. S. D. SILVA, S. F. SENDOYA & P. S. OLIVEIRA, 2014. Assessing the impact of deforestation of the atlantic rainforest on ant-fruit interactions: a field experiment using synthetic fruits. *PLoS ONE* 9(2): e90369. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090369>.
- BORGES, S. H. & E. GUILHERME, 2000. Comunidade de aves em um fragmento florestal urbano em Manaus, Amazonas, Brasil. *Ararajuba* 8(1): 17-23.
- BREHENY, P. & W. BURCHETT, 2017. Visualization of regression models using visreg. *The R Journal* 9: 56-71.
- CAMARGO, P. H. S. A., M. M. MARTINS, R. M. FEITOSA & A. V. CHRISTIANINI, 2016. Bird and ant synergy increases the seed dispersal effectiveness on an ornithochoric shrub. *Oecologia* 181: 507-518. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-016-3571-z>.
- CHRISTIANINI, A. V. & P. S. OLIVEIRA, 2009. The relevance of ants as seed rescuers of a primarily bird-dispersed tree in the Neotropical cerrado savanna. *Oecologia* 160: 735-745. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-009-1349-2>.



- CHRISTIANINI, A. V. & P. S. OLIVEIRA, 2010. Birds and ants provide complementary seed dispersal in a neotropical savanna. **Journal of Ecology** 98(3): 573-582. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01653.x>.
- CHRISTIANINI, A. V. & P. S. OLIVEIRA, 2013. Edge effects decrease ant-derived benefits to seedlings in a neotropical savanna. **Arthropod-Plant Interactions** 7: 191-199. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11829-012-9229-9>.
- DAUSMANN, K. H., J. GLOS, K. E. LINSSENMAIR & J. U. GANZHORN, 2008. Improved recruitment of a lemur-dispersed tree in Malagasy dry forests after the demise of vertebrates in forest fragments. **Oecologia** 157: 307-316. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-008-1070-6>.
- GILADI, I., 2006. Choosing benefits or partners: a review of the evidence for the evolution of myrmecochory. **Oikos** 112(3): 481-492. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2006.14258.x>.
- GÓMEZ, C., X. ESPLANDALER & J. M. BAS, 2005. Ant behavior and seed morphology: a missing link of myrmecochory. **Oecologia** 146: 244-246. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0200-7>.
- GORB, S. N. & E. V. GORB, 1995. Removal rates of seeds of five myrmecochorous plants by the ant *Formica polyctena* (Hymenoptera: Formicidae). **Oikos** 73(3): 367-374. DOI: <https://doi.org/10.2307/3545960>.
- GORB, S. N. & E. V. GORB, 1999. Dropping rates of elaiosome-bearing seeds during transport by ants (*Formica polyctena* Foerst.): implications for distance dispersal. **Acta Oecologica** 20(5): 509-518. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1146-609X\(00\)86618-7](https://doi.org/10.1016/S1146-609X(00)86618-7).
- HENAO-GALLEGO, N., S. ESCOBAR-RAMÍREZ, Z. CALLE, J. MONTOYA-LERMA & I. ARMBRECHT, 2011. An artificial aril designed to induce seed hauling by ants for ecological rehabilitation purposes. **Society for Ecological Restoration International** 20(5): 555-560. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2011.00852.x>.
- HORVITZ, C. C., 1981. Analysis of how ant behavior affects germination in a tropical myrmecochory *Calathea microcephala* (P & E.) Koernicke (Marantaceae): microsite selection and aril removal by neotropical ants, *Odontomachus*, *Pachycondyla* and *Solenopsis* (Formicidae). **Oecologia** 51: 47-52. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00344651>.
- KUZNETSOVA, A., P. B. BROCKHOFF & R. H. B. CHRISTENSEN, 2017. lmerTest package: tests in linear mixed effects models. **Journal of Statistical Software** 82(13): 1-26. DOI: <https://doi.org/10.18637/jss.v082.i13>.
- LEAL, I. R. & P. S. OLIVEIRA, 1998. Interactions between fungus-growing ants (attini), fruits and seeds in Cerrado vegetation in southeast Brazil. **Biotropica** 30(2): 170-178. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.1998.tb00052.x>.
- LEAL, I. R., 2003. Dispersão de sementes por formigas na caatinga. In: I. R. LEAL, M. TABARELLI & J. M. C. SILVA (Ed.): **Ecologia e conservação da caatinga**: 593-624. Editora Universitária da UFPE, Recife.
- LEAL, L. C., A. N. ANDERSEN & I. R. LEAL, 2013. Anthropogenic disturbance reduces seed-dispersal services for myrmecochorous plants in the Brazilian Caatinga. **Oecologia** 174: 173-181. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-013-2740-6>.
- NAKAGAWA, S. & H. SCHIELZETH, 2013. A general and simple method for obtaining  $R^2$  from generalized linear mixed-effects models. **Methods in Ecology and Evolution** 4(2): 133-142. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2041-210x.2012.00261.x>.
- NERY, L. C. R., E. S. LOROSA & A. M. R. FRANCO, 2004. Feeding preference of the sandflies *Lutzomyia umbratilis* and *L. spathotrichia* (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae) in an urban forest patch in the city of Manaus, Amazonas, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz** 99(6): 571-574. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0074-02762004000600006>.
- NESS, J. H., J. L. BRONSTEIN, A. N. ANDERSEN & J. N. HOLLAND, 2004. Ant body size predicts dispersal distance of ant-adapted seeds: implications of small-ant invasions. **Ecology** 85(5): 1244-1250. DOI: <https://doi.org/10.1890/03-0364>.
- PARR, C. L., R. R. DUNN, N. J. SANDERS, M. D. WEISER, M. PHOTAKIS, T. R. BISHOP, M. C. FITZPATRICK, X. ARNAN, F. B. BACCARO, C. R. BRANDÃO, L. CHICK, D. A. DONOSO, T. M. FAYLE, C. GÓMEZ, B. GROSSMAN, T. C. MUNYAI, R. PACHECO, J. RETANA, A. ROBINSON, K. SAGATA, R. R. SILVA, M. TISTA, H. VASCONCELOS, M. YATES & H. GIBB, 2017. GlobalAnts: a new database on the geography of ant traits (Hymenoptera: Formicidae). **Insect Conservation and Diversity** 10(1): 5-20. DOI: <https://doi.org/10.1111/icad.12211>.
- PETERNELLI, E. F. O., T. M. C. D. LUCIA & S. V. MARTINS, 2004. Espécies de formigas que interagem com sementes de *Mimaba fitulifera* Mart (Euphorbiaceae). **Revista Árvore** 28(5): 733-738. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622004000500013>.
- PIJL, V. D., 1982. **Principles of dispersal in higher plants**: 2nd edition: 1-232. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- PIZO, M. A. & P. S. OLIVEIRA, 2000. The use of fruits and seeds by ants in the Atlantic forest of southeast Brazil. **Biotropica** 32(4b): 851-861. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00623.x>.
- PIZO, M. A., L. PASSOS & P. S. OLIVEIRA, 2005. Ants as seed dispersers of fleshy diaspores in Brazilian Atlantic forests. In: P.-M. FORGET, J. E. LAMBERT, P. E. HULME & S. B. VANDER WALL (Ed.): **Seed fate**: predation, dispersal, and seedling establishment: 315-329. CABI Publishing, Wallingford.
- R CORE TEAM, 2019. **R**: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- RABELLO, A. M., A. C. M. QUEIROZ, C. J. LASMAR, R. G. GUISSI, E. O. CANEDO-JÚNIOR, F. C. SCHMIDT & C. R. RIBAS, 2015. When is the best period to sample ants in tropical areas impacted by mining and in rehabilitation process? **Insectes Sociaux** 62: 227-236. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-015-0398-2>.

RAIMUNDO, R. L. G., P. R. GUIMARÃES JR., M. ALMEIDA-NETO & M. A. PIZO, 2004. The influence of fruit morphology and habitat structure on ant-seed interactions: a study with artificial fruits. **Sociobiology** 44(2): 261-270.

RICO-GRAY, V. & P. S. OLIVEIRA, 2007. **The ecology and evolution of ant-plant interactions**: 1-331. Chicago: The University of Chicago Press, Chicago.

ROBERTS, J. T. & E. R. HEITHAUS, 1986. Ants rearrange the vertebrate-generated seed shadow of a neotropical fig tree. **Ecology** 67(4): 1046-1051. DOI: <https://doi.org/10.2307/1939827>.

SANTANA, F. D., E. CAZETTA & J. H. C. DELABIE, 2013. Interactions between ants and non-myrmecochorous diaspores in a tropical wet forest in southern Bahia, Brazil. **Journal of Tropical Ecology** 29(1): 71-80. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0266467412000715>.

SANTANA, F. D., F. B. BACCARO & F. R. C. COSTA, 2016. Busy nights: high seed dispersal by crickets in a Neotropical Forest. **The American Naturalist** 188(5): E126-E133. DOI: <https://doi.org/10.1086/688676>.

VANDER WALL, S. B. & W. S. LONGLAND, 2004. Diplochory: are two seed dispersers better than one? **Trends in Ecology & Evolution** 19(3): 155-161. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2003.12.004>.

WICKHAM, H., 2016. **ggplot2**: elegant graphics for data analysis. Springer-Verlag, New York.

ZELIKOVA, T. J. & M. D. BREED, 2008. Effects of habitat disturbance on ant community composition and seed dispersal by ants in a tropical dry forest in Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology** 24(3): 309-316. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0266467408004999>.

# Morfometria das operárias de Ponerinae (Hymenoptera: Formicidae) em áreas de floresta ombrófila amazônica

## Morphometry of Ponerinae (Hymenoptera: Formicidae) workers in areas of Amazonian ombrophylous forest

Alexsandra Cordeiro Nascimento<sup>1</sup>  | Itanna Oliveira Fernandes<sup>1</sup>  | Jorge Luiz Pereira Souza<sup>II</sup> 

<sup>I</sup>Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus, Amazonas, Brasil

<sup>II</sup>Instituto Nacional da Mata Atlântica. Santa Teresa, Espírito Santo, Brasil

**Resumo:** A morfometria tem sido uma ferramenta útil em estudos de taxonomia de formigas, auxiliando a evidenciar as diferenças existentes entre espécies, ampliando, assim, as possibilidades de comparações. O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência das medidas morfométricas na separação das espécies de Ponerinae. O material utilizado foi proveniente de coletas realizadas em áreas de floresta ombrófila amazônica, distribuídas em cinco localidades. Estas localidades estão vinculadas a dois projetos ecológicos: 1) Projeto de Ecologia, Avaliação e Monitoramento de Florestas Tropicais (TEAM) e 2) Programa de Pesquisas em Biodiversidade (PPBio). Foram realizadas quatro medidas morfométricas: comprimento da cabeça, da mandíbula e do pecíolo e altura do pecíolo nas espécies de Ponerinae. Medimos 157 operárias, sendo 39 espécies, entre dez gêneros. O texto corrobora a hipótese sobre a eficiência das medidas morfométricas na separação de algumas espécies de Ponerinae. As medidas morfométricas agregam informações adicionais para a identificação das espécies de formigas Ponerinae na Amazônia brasileira, além de auxiliarem na identificação de novos táxons.

**Palavras-chave:** Formigas. Morfologia. PPBio. Projeto TEAM. Taxonomia integrative.

**Abstract:** Morphometry has been a useful tool in studies of ant taxonomy, helping to highlight the differences between species, thus expanding the possibilities of comparisons. Our goal was to evaluate the efficiency of morphometric measurements in the separation of Ponerinae species. The material used in the study came from field samplings from five localities carried out in areas of the Amazon rainforest. These locations are linked to two ecological projects: 1) Tropical Ecology, Assessment and Monitoring Project (TEAM) and 2) Biodiversity Research Program (PPBio). Four morphometric measurements were made: head length, mandible length, petiole length, and petiole height. We measured 157 workers belonging to 39 species and ten genera. We corroborate our hypothesis about the efficiency of morphometric measurements in the separation of some species of Ponerinae. Morphometric measurements provide additional information for the identification of Ponerinae species in the Brazilian Amazon, as well as assist in the identification of new taxa.

**Keywords:** Ants. Morphology. PPBio. Project TEAM. Integrative taxonomy.

---

NASCIMENTO, A. C., I. O. FERNANDES & J. L. P. SOUZA, 2020. Morfometria das operárias de Ponerinae (Hymenoptera: Formicidae) em áreas de floresta ombrófila amazônica. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(1): 165-198. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.248>.

Autora para correspondência: Alexsandra Cordeiro Nascimento. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Coordenação de Biodiversidade. Setor de Entomologia. Laboratório de Sistemática e Ecologia de Artrópodes Terrestres. Av. André Araújo, 2936. Manaus, AM, Brasil. CEP 69067-375 ([alexsandracordeiro1993@gmail.com](mailto:alexsandracordeiro1993@gmail.com)).

Recebido em 21/12/2019

Aprovado em 12/03/2020

Responsabilidade editorial: Livia Pires do Prado



## INTRODUÇÃO

A morfometria é uma ferramenta utilizada em conjunto com a taxonomia alfa para mensurar as diferenças existentes entre as espécies (Peres-Neto, 1995). Na mirmecologia, esta é uma ferramenta comumente utilizada na identificação de espécies (Lucas *et al.*, 2002; Fedoseeva, 2011) e acerca das interações com o ambiente e com outras espécies (Seifert, 2009). As medidas das espécies do complexo *Neoponera foetida* Emery, 1901 auxiliaram na separação das espécies (Fernandes *et al.*, 2014).

Ponerinae Lepeletier, 1835 é a terceira maior subfamília em Formicidae, com distribuição pantropical (Schmidt & Shattuck, 2014) e, aproximadamente, 1.250 espécies, divididas entre 47 gêneros, dos quais 18 gêneros e mais de 330 espécies são conhecidos para o trópico americano (Baccaro *et al.*, 2015). Para o Brasil, são registrados 15 gêneros e, aproximadamente, 150 espécies (Fernandes *et al.*, 2020). Para a Amazônia brasileira, são conhecidos 15 gêneros: *Anochetus* Mayr, 1861; *Centromyrmex* Mayr, 1866; *Cryptopone* Emery, 1893; *Dinoponera* Roger, 1861; *Mayaponera* Schmidt & Shattuck, 2014; *Neoponera* Emery, 1901; *Hypoponera* Santschi, 1938; *Leptogenys* Roger, 1861; *Odontomachus* Latreille, 1804; *Pachycondyla* Smith, 1858; *Pseudoponera* Emery, 1900; *Rasopone* Schmidt & Shattuck, 2014; *Platythyrea* Roger, 1863; *Simopelta* Mann, 1922; *Thaumatomyrmex* Mayr, 1887.

Ponerinae possui uma grande diversidade de caracteres morfológicos, ecológicos e comportamentais (Schmidt & Shattuck, 2014), com taxonomia bastante estudada, no entanto, ainda existe escassez de conhecimento sobre o grupo (Lattke, 2015). As medidas morfométricas das operárias de Ponerinae vêm como ferramenta complementar para auxiliar na identificação de novos táxons, principalmente em situações em que haja dificuldade em separar espécies simpátricas e/ou crípticas (Fernandes *et al.*, 2014). O objetivo do estudo foi avaliar a eficiência das medidas morfométricas na separação das espécies de Ponerinae.

## MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado no estudo foi proveniente de coletas realizadas em áreas de floresta ombrófila amazônica, distribuídas em cinco localidades, vinculadas a dois projetos ecológicos: 1) Projeto de Ecologia, Avaliação e Monitoramento de Florestas Tropicais (TEAM) e 2) Programa de Pesquisas em Biodiversidade (PPBio). O Projeto TEAM realizou coletas de formigas entre os anos de 2004 a 2007. As áreas coletadas foram a Reserva Ducke, localizada no km 26 da estrada AM-010, em Manaus, Amazonas, e nas áreas ZF2 km 14 e ZF3 km 37, localizadas na BR-174, ao norte de Manaus, ambas pertencentes ao Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais (PDBFF). O Programa PPBio também realizou coletas na Reserva Ducke no ano de 2006. As informações referentes às coordenadas geográficas, ao tipo de vegetação, à altitude, à precipitação e ao *layout* espacial dos locais de estudo estão resumidas na Tabela 1.

A técnica de coleta utilizada foi o extrator de Winkler (Bestelmeyer *et al.*, 2000). A coleta foi realizada entre os anos de 2004 a 2007, três vezes por ano, em 24 parcelas. No final dos quatro anos, foram coletadas 288 parcelas (24 parcelas X 3 coletas anuais X 4 anos), entre o período das 9:00 às 16:00 h. Em cada uma das 288 parcelas foram coletadas dez amostras, totalizando 2.880 amostras no fim dos quatro anos. As formigas foram identificadas em nível específico com base nos dados disponíveis na literatura (Brown, 1976, 1978; Fernández, 2003; Fernández & Arias-Penna, 2008; Fernandes *et al.*, 2014; Mackay & Mackay, 2010; Schmidt & Shattuck, 2014). O material foi depositado na Coleção de Invertebrados do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, Amazonas.

As medidas morfológicas foram realizadas com auxílio de um estereomicroscópio LEICA M205C, munido do programa *Leica Application Suite*, versão 4.8.0. Quatro medidas morfológicas com significado funcional foram tomadas, seguindo a metodologia de Silva & Brandão (2010): i) comprimento da cabeça (CC) – comprimento máximo da cabeça, medida em



vista frontal, a partir da borda anterior do clipeo até a margem posterior mediana da cabeça (Figura 1); ii) comprimento da mandíbula (CM) – comprimento da mandíbula fechada, em vista frontal, a partir da borda anterior do clipeo até o ápice da mandíbula (Figura 1); iii) comprimento do pecíolo (CPI) – em vista lateral, a distância máxima entre os extremos anterior e posterior do pecíolo, excluindo os côndilos (Figura 2); iv) altura do pecíolo (API) – em vista lateral, a distância entre a borda inferior do esternito peciolar ao ápice do tergito peciolar (nó), tomado como uma medição vertical perpendicular ao eixo longitudinal do pecíolo (Figura 3).

Medimos 157 operárias, de 39 espécies, entre dez gêneros. O número de indivíduos medidos por espécie variou de um a cinco, de acordo com a disponibilidade do material coletado.

Para testar se as espécies de Ponerinae diferem em relação ao conjunto de medidas realizadas neste estudo, foi utilizada uma análise de componentes principais (PCA) (Mardia *et al.*, 1979) para sumarizar as medidas. Posteriormente, foi adotada a análise de variância (ANOVA) (Chambers *et al.*, 1992), seguida de um teste de Tukey (Miller, 1981), para detectar quais pares de espécies diferiram entre o conjunto de medidas. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o ambiente estatístico R, versão 3.5.3 (R Development Core Team, 2019).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificados 11 gêneros: *Anochetus*, *Hypoponera*, *Leptogenys*, *Mayaponera*, *Neoponera*, *Odontomachus*, *Pachycondyla*, *Pseudoponera*, *Rasopone*, *Platythyrea* e *Thaumatomyrmex*. Todavia, foram medidos somente os exemplares identificados em nível específico (Apêndice 1), devido à ausência de uma chave atualizada para as espécies de *Hypoponera*. Como há uniformidade morfológica entre as espécies deste gênero, isso dificulta a identificação. Essa monotipia morfológica do gênero faz com que este grupo seja tratado de forma superficial na história taxonômica (Bolton & Fisher, 2011).

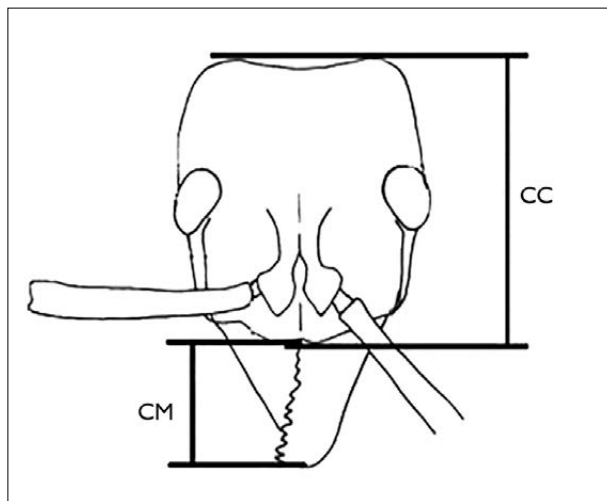


Figura 1. Comprimento da cabeça (CC) e comprimento da mandíbula (CM) em vista frontal da cabeça de *Neoponera villosa* (Fabricius, 1804) (adaptado de Wild, 2002).

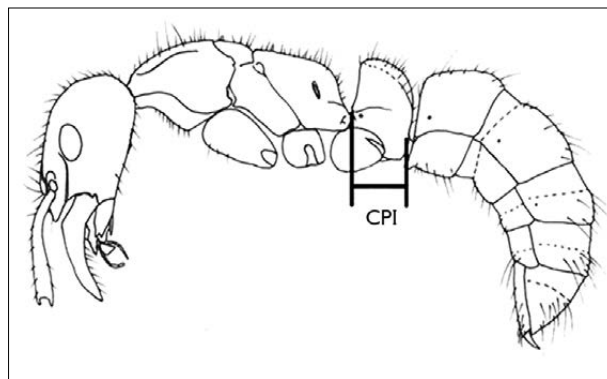


Figura 2. Comprimento do pecíolo (CPI) em vista lateral de *Neoponera villosa* (adaptado de Wild, 2002).

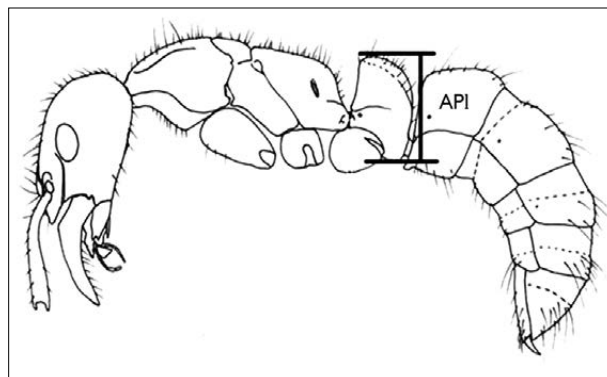
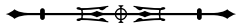


Figura 3. Altura do pecíolo (API) em vista lateral de *Neoponera villosa* (adaptado de Wild, 2002).

Tabela 1. Localização geográfica, fitofisionomia, altitude, pluviosidade, área e data das amostragens nos sete sítios de floresta ombrófila amazônica.

Projetos	TEAM							PPBio
	Ducke - sede	Ducke - Ipiranga	PDBFF - ZF2 km 14	PDBFF - ZF2 km 34	PDBFF - ZF3 Cabo Frio	PDBFF - ZF3 km 37		
Sítios								Ducke
Coordenadas	2° 57' 51,69" S	2° 57' 51,69" S	02° 36' 1,05" S	02° 37' 27,63" S	2° 23' 37" S	02° 25' 50,42" S	2° 57' 51,69" S	
	59° 56' 27,26" W	59° 56' 27,26" W	60° 6' 53,90" W	60° 12' 49,49" W	59° 54' 59" W	59° 48' 2,40" W	59° 56' 27,26" W	
Tipo de vegetação	Floresta ombrófila densa	Floresta ombrófila densa	Floresta ombrófila densa	Floresta ombrófila densa	Floresta ombrófila densa	Floresta ombrófila densa	Floresta ombrófila densa	Floresta ombrófila densa
Parcelas coletadas	19	25	9	6	11	4	25	
Amplitude da altitude (m.a.n.m.)	46-110	46-110	100-150	100-150	50-120	100-150	46-110	
Pluviosidade média (mm)	2.507	2.507	2.500	2.500	2.500	2.500	2.507	
Área amostrada (km <sup>2</sup> )	1	1	1	1	1	1	25	
Data da amostragem	Dezembro/2004 - Fevereiro/2007	Janeiro/2005 - Fevereiro/2007	Outubro/2004 - Dezembro/2006	Novembro/2004 - Agosto/2005	Outubro/2004 - Setembro/2006	Julho/2004 - Agosto/2005	Julho/2006 - Outubro/2006	
Coletas realizadas	8	8	5	2	8	4	11	



A análise de componentes principais (PCA) resumiu 82% das informações dos dados morfométricos no primeiro eixo do PCA, com os outros 18% divididos entre os três eixos restantes (Tabela 2).

O conjunto de medidas difere significativamente entre as 39 espécies analisadas (ANOVA,  $F_{38,118} = 207,0$ ;  $p \leq 0,001$ ). As medidas utilizadas neste estudo foram eficientes para separar várias espécies. Isso, porém, não funcionou para todas as espécies (Figura 4; Apêndice 2).

Em *Anochetus*, as medidas morfométricas foram eficientes em separar *A. emarginatus* de todas as outras espécies deste gênero, coletadas neste estudo (Figura 4). *Anochetus horridus* foi separada de *A. diegensis*, *A. mayri* e *A. neglectus* pelo conjunto de medidas morfométricas (Figura 4).

Em *Odontomachus*, o conjunto de medidas morfométricas foi eficiente em separar *O. caelatus* de *O. haematodus*, *O. hastatus*, *O. laticeps*, *O. meinerti* e *O.*

*opaciventris*. *Odontomachus haematodus* tem conjunto de medidas distinto de *O. hastatus*, *O. meinerti* e *O. scalptus*; assim como *O. hastatus* diferiu-se de *O. laticeps*, *O. meinerti*, *O. opaciventris* e *O. scalptus*. *O. scalptus* se separa de *O. laticeps*. Por fim, *O. meinerti* é distinto de *O. opaciventris* e *O. scalptus* (Figura 4).

*Anochetus* e *Odontomachus* são gêneros semelhantes morfologicamente (Lattke, 2015). Com base na morfologia, *Odontomachus* pode ser diferenciado de *Anochetus* por apresentar carena nugal em forma de 'V' e nodo peciolar cônico ou pontiagudo (Schmidt & Shattuck, 2014; Baccaro *et al.*, 2015).

Em *Leptogenys*, o conjunto de medidas morfométricas foi eficiente em separar *Leptogenys famelica* de *L. gaigei*, *L. pusilla* e *L. wheeleri*. *L. gaigei* diferiu-se morfometricamente de *L. pusilla* e *L. unistimulosa*; e *L. unistimulosa* é distinta de *L. pusilla* e *L. wheeleri* (Figura 4).

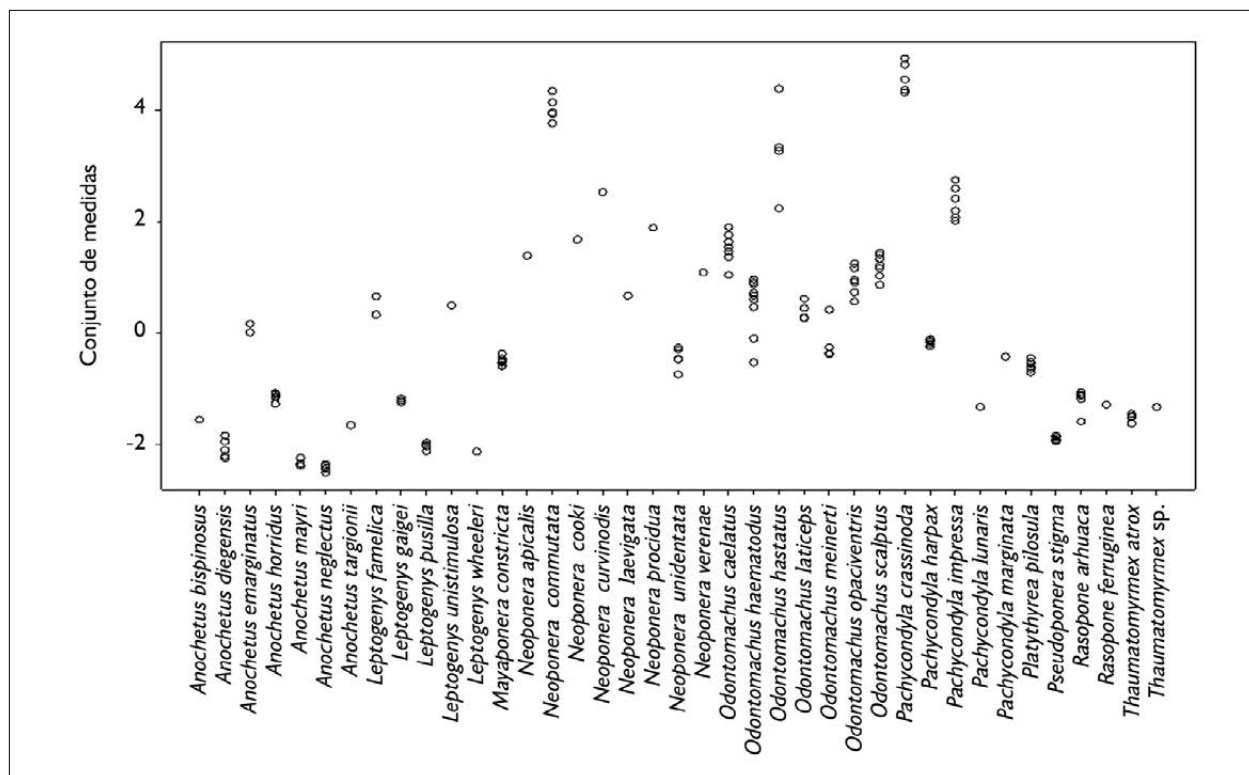


Figura 4. Conjunto de dados morfométricos sumarizados, representados pelo primeiro eixo do PCA para as 39 espécies estudadas nos sete sítios de floresta ombrófila amazônica.

Tabela 2. Valores dos eixos da análise de componentes principais (PCA) para as quatro medidas realizadas e a proporção explicada e acumulada de cada eixo.

	PC1	PC2	PC3	PC4
Comprimento da cabeça	0,5308558	-0,1890317	0,5354589	0,6290896
Comprimento da mandíbula	0,4528478	-0,7436587	-0,4290968	-0,2403673
Comprimento do pecíolo	0,4897482	0,5610885	-0,608731	0,2734463
Altura do pecíolo	0,5227501	0,310513	0,3982674	-0,686802
Proporção explicada (%)	82	14	2	2
Proporção explicada acumulada (%)	82	96	98	100

*Leptogenys*, *Platythyrea* e *Pachycondyla* são gêneros similares morfologicamente (Baccaro *et al.*, 2015). Com o conjunto de medidas morfométricas, foi possível separar *Platythyrea pilosula* de *Leptogenys famelica*, *Leptogenys pusilla*, *Leptogenys wheeleri*, *Pachycondyla impressa* e *Pachycondyla crassinoda* (Figura 4).

Com base na morfologia, *Leptogenys* pode ser diferenciada por possuir garras tarsais pectinadas (Fernández & Arias-Penna, 2008; Schmidt & Shattuck, 2014; Lattke, 2015). *Platythyrea* possui garras do tarso geralmente armadas, com um único dente pré-apical e lóbulos frontais marcadamente separados pela porção média posterior do clípeo (Fernández & Arias-Penna, 2008; Schmidt & Shattuck, 2014). *Pachycondyla* possui a margem anterior do clípeo sem dentes ou projeções, espiráculos propodeais em forma de fenda, pecíolo largo e massivo (Baccaro *et al.*, 2015).

Em *Neoponera*, o conjunto das medidas morfométricas foi eficiente em separar *Neoponera apicalis* de *N. commutata* e *N. unidentata*. *N. commutata* se distinguiu de *N. cooki*, *N. curvinodis*, *N. laevigata*, *N. prociua*, *N. unidentata* e *N. verenae*. *N. unidentata* é distinta morfometricamente de *N. cooki*. *N. curvinodis* diferiu-se de *N. laevigata*, *N. unidentata* e *N. verenae*. *N. unidentata* se separou de *N. laevigata*, *N. prociua* e *N. verenae* (Figura 4).

Em *Pachycondyla*, o conjunto das medidas morfométricas foi eficiente em separar *Pachycondyla crassinoda* de *P. harpax*, *P. impressa*, *P. lunaris* e *P. marginata*. *P. harpax* distinguiu-se de *P. impressa* e *P. lunaris*. *P. impressa* diferiu-se de *P. lunaris* e *P. marginata* (Figura 4).

*Neoponera*, *Pachycondyla*, *Mayaponera*, *Rasopone* e *Pseudoponera* são similares morfologicamente (Baccaro *et al.*, 2015; Lattke, 2015). Até recentemente, estes gêneros pertenciam a *Pachycondyla*, tendo sido desmembrados por Schmidt & Shattuck (2014). As operárias de *Mayaponera* podem ser confundidas com as de *Neoponera*, mas as de *Mayaponera* são reconhecíveis pelo profundo sulco metanotal, por possuírem o mesonoto de forma convexa bem evidente, além de apresentarem o propódeo com uma superfície dorsal estreita e com um sulco longitudinal e possuírem espiráculos propodeais arredondados (Schmidt & Shattuck, 2014; Baccaro *et al.*, 2015; Lattke, 2015). Em *Neoponera*, o último tergito abdominal não apresenta uma fileira de setas robustas em cada lado do ferrão (Baccaro *et al.*, 2015; Lattke, 2015), além de possuir o orifício da glândula metapleural com uma borda saliente em forma de 'U' invertido e com um sulco em sua porção ventral, sendo similares a *Pachycondyla* (Schmidt & Shattuck, 2014). *Pachycondyla* pode ser diferenciado de *Neoponera* pela presença de cerdas grossas no hipopígio (Baccaro *et al.*, 2015). *Rasopone* pode ser separado de *Neoponera* pela conformação da abertura da glândula metapleural. *Pseudoponera* possui olhos compostos desenvolvidos e carece de cerdas grossas nas mesotíbias (Baccaro *et al.*, 2015).

Análises morfométricas têm indicado conclusões distintas em diversos estudos de formigas (Longino, 2003; Euzébio *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2015; Nakano *et al.*, 2015). As análises com dados morfométricos podem ser utilizadas para padronizar as classificações

das formigas em grupos funcionais ou guildas (Silva & Brandão, 2010). Algumas medidas são mais eficientes do que outras: por exemplo, a medida do comprimento médio da cabeça separou, de maneira satisfatória, algumas espécies de *Gnamptogenys* (Gualberto, 2013). Para outros grupos, como Apidae (Hymenoptera), a aplicação morfométrica tem sido de grande importância para a identificação de espécies (Owen, 2012), sendo, assim, um indicativo de que as medidas podem auxiliar a separação de espécies facilmente confundíveis se usados apenas caracteres morfológicos.

## CONCLUSÃO

Neste estudo, as análises morfométricas não separaram todas as espécies analisadas. Contudo, corroboramos nossa hipótese sobre a eficiência das medidas morfométricas na separação de algumas espécies de Ponerinae. Essas medidas agregam informações adicionais para a identificação de espécies de formigas Ponerinae na Amazônia brasileira, além de auxiliarem na identificação de novos táxons. Para uma abordagem mais completa, é importante combinar métodos morfométricos clássicos com outros, como a morfometria geométrica ou uma análise filogenética de caracteres tanto morfológicos quanto moleculares, especialmente para ajudar a responder questões de sistemática e taxonomia.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por financiar o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC). Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), por sua infraestrutura. Gostaríamos também de agradecer à Coleção de Invertebrados do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), por fornecer o estereomicroscópio (LEICA M205C), para medir as formigas. ACN é grata ao CNPq pela bolsa de mestrado PPGENT/INPA. IOF é grata ao CNPq (bolsa de doutorado) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de

Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa PNPd/INPA. JLPS é grato pela bolsa de pós-doutorado PCI/CNPq – Instituto Nacional Mata Atlântica (INMA).

## REFERÊNCIAS

BACCARO, F. B., R. M. FEITOSA, F. FERNÁNDEZ, I. O. FERNANDES, T. J. IZZO, J. D. SOUZA & R. SOLAR, 2015. **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**. Editora INPA, Manaus.

BESTELMEYER, B. T., D. AGOSTI, F. LEEANNE, T. ALONSO, C. R. F. BRANDÃO, W. L. BROWN, J. H. C. DELABIE & R. SILVESTRE, 2000. Field techniques for the study of ground-living ants: an overview, description, and evaluation. In: D. AGOSTI, J. D. MAJER, A. TENNANT & T. R. SCHULTZ (Ed.): **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**: 122-144. Smithsonian Institution Press, Washington.

BOLTON, B. & B. L. FISHER, 2011. Taxonomy of Afrotropical and West Palaertic ants of the ponerine genus *Hypoponera* Santschi (Hymenoptera: Formicidae). **Zootaxa** 2843: 1-118.

BROWN, W. L. J., 1976. Contributions toward a reclassification of the Formicidae. Part IV. Ponerinae, Tribe Ponerini, Subtribe Odontomachiti. Section A. Introduction, Subtribal characters. Genus *Odontomachus*. **Studia Entomologica** 19: 67-171.

BROWN, W. L. J., 1978. Contribution toward a reclassification of the Formicidae. Part. IV. Ponerinae, tribe Ponerini, subtribe Odontomachiti, genus *Anochetus*. **Studia Entomologica** 20: 549-652.

CHAMBERS, J. M., A. FREENY & R. M. HEIBERGER, 1992. Analysis of variance: designed experiments. In: J. M. CHAMBERS & T. J. HASTIE (Ed.): **Statistical models**: chapter 5. Wadsworth & Brooks/Cole, Pacific Grove, California.

EUZÉBIO, D. E., G. F. MARTINS & T. M. FERNANDES-SALOMÃO, 2013. Morphological and morphometric studies of the antennal sensilla from two populations of *Atta robusta* (Borgmeier 1939) (Hymenoptera: Formicidae). **Brazilian Journal of Biology** 73(3): 663-668. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-69842013000300026>.

FEDOSEEVA, E. B., 2011. Morphometric characteristics of *Formica aquilonia* ants in monitoring of their settlements. **Entomological Review** 91(2): 152-168. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0013873811020047>.

FERNANDES, I. O., M. L. OLIVEIRA & J. H. C. DELABIE, 2014. Description of two new species in the Neotropical *Pachycondyla foetida* complex (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae) and taxonomic notes on the genus. **Myrmecological News** 19: 133-163.

FERNANDES, I. O., J. H. C. DELABIE & R. S. M. FEITOSA, 2020. Formicidae. In: **Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil**. PNUD. Disponível em: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/2617>. Acesso em: 9 fevereiro 2020.



- FERNÁNDEZ, F., 2003. **Introducción a las hormigas de la Región Neotropical**: v. 26: 1-398. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colômbia.
- FERNÁNDEZ, F. & T. M. ARIAS-PENNA, 2008. Las hormigas cazadoras en la Región Neotropical. In: F. LOZANO-ZAMBRANO, F. FERNÁNDEZ, E. JIMÉNEZ & T. ARIAS (Ed.): **Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia**: 3-39. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colômbia.
- GUALBERTO, M. P., 2013. **Estudo taxonômico do complexo rastrata, gênero *Gnamptogenys* (Roger), 1863 (Hymenoptera: Formicidae: Ectatomminae) no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus. Disponível em: <https://bdtd.inpa.gov.br/handle/tede/1250>. Acesso: 4 setembro 2019.
- LATKKE, J. E., 2015. Estado da arte sobre a taxonomia e filogenia de Ponerinae do Brasil. In: J. H. C. DELABIE, R. FEITOSA, J. E. SERRÃO, C. MARIANO & J. MAJER (Ed.): **As formigas poneromorfas do Brasil**: 55-74. Editus, Ilhéus.
- LONGINO, J. T., 2003. The *Crematogaster* (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) of Costa Rica. **Zootaxa** 151: 1:150. DOI: <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.151.1.1>.
- LUCAS, C., D. FRESNEAU, K. KOLMER, J. HEINZE, J. H. C. DELABIE & D. B. PHO, 2002. A multidisciplinary approach to discriminating different taxa in the species complex *Pachycondyla villosa* (Formicidae). **Biological Journal of the Linnean Society** 75(2): 249-259. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1095-8312.2002.00017.x>.
- MACKAY, W. P. & E. MACKAY, 2010. **The systematics and biology of the new world ants of the genus *Pachycondyla* (Hymenoptera: Formicidae)**. Edwin Mellen Press, Lewiston, New York.
- MARDIA, K. V., J. T. KENT & J. M. BIBBY, 1979. **Multivariate analysis**. Academic Press, London.
- MILLER, R. G., 1981. **Simultaneous statistical inference**. Springer-Verlag, New York.
- NAKANO, M. A., R. R. SILVA, V. F. O. MIRANDA, R. M. FEITOSA & M. S. MORINI, 2015. Morphological differentiation between species of *Myrmelachista* Roger (Formicidae: Formicinae) in Atlantic Forest areas of the Alto Tietê (São Paulo). **Sociobiology** 62(2): 321-327. DOI: <http://dx.doi.org/10.13102/sociobiology.v62i2.321-327>.
- OLIVEIRA, R. F., R. R. SILVA, D. R. SOUZA-CAMPANA, M. A. NAKANO & M. S. C. MORINI, 2015. Worker morphology of the ant *Gnamptogenys striatula* Mayr (Formicidae, Ectatomminae) in different landscapes from the Atlantic forest domain. **Revista Brasileira de Entomologia** 59(1): 21-27. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rbe.2015.02.002>.
- OWEN, R. E. 2012. Applications of morphometrics to the Hymenoptera, particularly Bumble Bees (*Bombus*, Apidae). In: C. WAHL (Ed.): **Morphometrics**: 1-30. IntechOpen, [S. l.]. DOI: <http://doi.org/10.5772/34745>.
- PERES-NETO, P. R., 1995. Introdução a análises morfométricas. In: P. R. PERES-NETO, J. L. VALENTIN & F. A. S. FERNÁNDEZ (Ed.): **Tópicos em tratamento de dados biológicos**: v. 2: 57-89. UFRJ, Rio de Janeiro.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019. **R: a language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 4 setembro 2019.
- SCHMIDT, C. A. & S. O. SHATTUCK, 2014. The higher classification of the ant subfamily Ponerinae (Hymenoptera: Formicidae), with a review of Ponerine ecology and behavior. **Zootaxa** 3817(1): 1-242. DOI: <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3817.1.1>.
- SEIFERT, B., 2009. Cryptic species in ants (Hymenoptera: Formicidae) revisited: we need a change in the alpha-taxonomic approach. **Myrmecological News** 12: 149-166.
- SILVA, R. R. & C. R. F. BRANDÃO, 2010. Morphological patterns and community organization in leaf-litter ant assemblages. **Ecological Monographs** 80(1): 107-124. DOI: <https://doi.org/10.1890/08-1298.1>.
- WILD, A. L., 2002. The genus *Pachycondyla* (Hymenoptera: Formicidae) in Paraguay. **Boletín del Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay** 14(1-2): 1-18.



Apêndice 1. Medidas morfométricas (mm) das 39 espécies de Ponerinae, coletadas em sete sítios de amostragens de floresta ombrófila amazônica.

(Continua)

Sítios	Espécies	Número de indivíduos	Comprimento da cabeça (CC)	Comprimento mandibular (CM)	Comprimento do pecíolo (CPI)	Altura do pecíolo (API)
PDBFF - ZF3 Cabo Frio	<i>Anochetus bispinosus</i> (F. Smith, 1858)	1	1,230	0,836	0,293	0,365
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Anochetus diegensis</i> Forel, 1912	1	0,819	0,473	0,201	0,310
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Anochetus diegensis</i>	1	0,837	0,499	0,201	0,310
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Anochetus diegensis</i>	1	0,968	0,724	0,227	0,399
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Anochetus diegensis</i>	1	0,946	0,673	0,220	0,354
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Anochetus diegensis</i>	1	0,843	0,491	0,215	0,414
Reserva Ducke	<i>Anochetus emarginatus</i> (Fabricius, 1804)	1	1,904	1,543	0,578	0,654
Reserva Ducke	<i>Anochetus emarginatus</i>	1	2,000	1,557	0,642	0,673
Reserva Ducke	<i>Anochetus horridus</i> Kempf, 1964	1	1,162	1,206	0,402	0,442
PDBFF - ZF2 km 14	<i>Anochetus horridus</i>	1	1,169	1,154	0,386	0,437
PDBFF - ZF2 km 14	<i>Anochetus horridus</i>	1	1,120	1,126	0,341	0,413
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Anochetus horridus</i>	1	1,119	1,137	0,405	0,466
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Anochetus horridus</i>	1	1,196	1,235	0,392	0,419
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Anochetus mayri</i> Emery, 1884	1	0,763	0,573	0,188	0,278
Reserva Ducke - sede	<i>Anochetus mayri</i>	1	0,772	0,485	0,159	0,232
Reserva Ducke - sede	<i>Anochetus mayri</i>	1	0,779	0,483	0,187	0,235
Reserva Ducke - sede	<i>Anochetus mayri</i>	1	0,781	0,483	0,171	0,244
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Anochetus mayri</i>	1	0,819	0,433	0,198	0,233
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Anochetus neglectus</i> Emery, 1894	1	0,799	0,484	0,156	0,225
PDBFF - ZF2 km 14	<i>Anochetus neglectus</i>	1	0,783	0,455	0,142	0,238
PDBFF - ZF3 Cabo Frio	<i>Anochetus neglectus</i>	1	0,778	0,473	0,173	0,252



Apêndice 1.

(Continua)

Sítios	Espécies	Número de indivíduos	Comprimento da cabeça (CC)	Comprimento mandibular (CM)	Comprimento do pecíolo (CPI)	Altura do pecíolo (API)
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Anochetus neglectus</i>	1	0,799	0,490	0,147	0,256
Reserva Ducke - sede	<i>Anochetus neglectus</i>	1	0,754	0,455	0,141	0,225
PDBFF - ZF3 Cabo Frio	<i>Anochetus targionii</i> Emery, 1894	1	1,112	0,752	0,302	0,390
PDBFF - ZF2 km 34	<i>Leptogenys famelica</i> Emery, 1896	1	2,036	0,447	1,620	0,934
Reserva Ducke	<i>Leptogenys famelica</i>	1	2,049	0,480	1,362	0,871
Reserva Ducke	<i>Leptogenys gaigei</i>	1	1,281	0,163	0,793	0,639
Reserva Ducke	<i>Leptogenys gaigei</i>	1	1,319	0,153	0,806	0,641
Reserva Ducke	<i>Leptogenys gaigei</i> (Lattke 2011)	1	1,334	0,152	0,844	0,628
Reserva Ducke - sede	<i>Leptogenys pusilla</i>	1	0,830	0,290	0,401	0,437
Reserva Ducke - sede	<i>Leptogenys pusilla</i>	1	0,843	0,247	0,434	0,498
Reserva Ducke - sede	<i>Leptogenys pusilla</i>	1	0,835	0,311	0,402	0,445
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Leptogenys pusilla</i>	1	0,759	0,211	0,431	0,420
Reserva Ducke - sede	<i>Leptogenys pusilla</i> (Emery 1890)	1	0,722	0,295	0,436	0,476
Reserva Ducke	<i>Leptogenys unistimulosa</i> Roger, 1863	1	1,976	0,597	0,982	1,454
Reserva Ducke	<i>Leptogenys wheeleri</i> Forel, 1901	1	0,808	0,095	0,471	0,438
Reserva Ducke	<i>Mayaponera constricta</i> (Mayr, 1883)	1	1,681	0,676	0,643	1,060
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Mayaponera constricta</i>	1	1,600	0,714	0,616	0,987
Reserva Ducke - sede	<i>Mayaponera constricta</i>	1	1,531	0,638	0,599	1,006
Reserva Ducke	<i>Mayaponera constricta</i>	1	1,570	0,693	0,626	1,037
PDBFF - ZF2 km 34	<i>Mayaponera constricta</i>	1	1,537	0,836	0,581	0,910
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Neoponera apicalis</i> (Latreille, 1802)	1	2,542	1,187	1,174	1,311
Reserva Ducke	<i>Neoponera commutata</i> (Roger, 1860)	1	4,005	2,268	1,641	2,065
Reserva Ducke	<i>Neoponera commutata</i>	1	3,936	2,086	1,619	2,081



## Apêndice 1.

(Continua)

Sítios	Espécies	Número de indivíduos	Comprimento da cabeça (CC)	Comprimento mandibular (CM)	Comprimento do pecíolo (CPI)	Altura do pecíolo (API)
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Neoponera commutata</i>	1	3,730	1,830	1,613	2,211
Reserva Ducke	<i>Neoponera commutata</i>	1	3,679	2,187	1,629	1,932
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Neoponera commutata</i>	1	3,843	1,590	1,595	2,200
PDBFF - ZF3 Cabo Frio	<i>Neoponera cooki</i> (Mackay & Mackay, 2010)	1	2,515	1,351	1,175	1,492
Reserva Ducke	<i>Neoponera curvinodis</i> (Forel, 1899)	1	2,941	1,814	1,333	1,544
Reserva Ducke	<i>Neoponera laevigata</i> (Smith, 1858)	1	2,212	0,815	1,040	1,243
Reserva Ducke	<i>Neoponera prociuda</i> Emery, 1890	1	2,814	1,756	0,938	1,483
PDBFF - ZF3 Cabo Frio	<i>Neoponera unidentata</i> (Mayr, 1862)	1	1,366	0,810	0,545	0,854
PDBFF - ZF2 km 34	<i>Neoponera unidentata</i>	1	1,522	0,866	0,648	0,882
PDBFF - ZF3 Cabo Frio	<i>Neoponera unidentata</i>	1	1,551	0,776	0,734	0,826
PDBFF - ZF3 km 37	<i>Neoponera unidentata</i>	1	1,661	0,878	0,769	0,855
Reserva Ducke	<i>Neoponera unidentata</i>	1	1,577	0,892	0,792	0,869
Reserva Ducke	<i>Neoponera verenae</i> Forel, 1922	1	2,358	1,376	0,971	1,190
Reserva Ducke	<i>Odontomachus caelatus</i> Brown, 1976	1	3,415	1,943	0,680	1,295
PDBFF - ZF3 Cabo Frio	<i>Odontomachus caelatus</i>	1	2,990	1,762	0,646	1,168
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Odontomachus caelatus</i>	1	2,986	1,843	0,675	1,176
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Odontomachus caelatus</i>	1	3,128	1,844	0,665	1,291
Reserva Ducke	<i>Odontomachus caelatus</i>	1	3,435	1,874	0,687	1,186
Reserva Ducke	<i>Odontomachus haematodus</i> (Linnaeus, 1758)	1	2,545	1,395	0,621	1,112
PDBFF - ZF2 km 34	<i>Odontomachus haematodus</i>	1	2,051	1,222	0,504	0,827



Apêndice 1.

(Continua)

Sítios	Espécies	Número de indivíduos	Comprimento da cabeça (CC)	Comprimento mandibular (CM)	Comprimento do pecíolo (CPI)	Altura do pecíolo (API)
PDBFF - ZF3 Cabo Frio	<i>Odontomachus haematodus</i>	1	2,556	1,467	0,607	1,007
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Odontomachus haematodus</i>	1	2,500	1,404	0,613	1,005
Reserva Ducke - sede	<i>Odontomachus haematodus</i>	1	2,798	1,474	0,661	1,041
Reserva Ducke	<i>Odontomachus haematodus</i>	1	2,751	1,426	0,655	1,167
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Odontomachus hastatus</i> Fabricius, 1804	1	4,034	2,495	1,538	2,017
Reserva Ducke - sede	<i>Odontomachus hastatus</i>	1	3,692	2,301	1,415	1,424
PDBFF - ZF2 km 34	<i>Odontomachus hastatus</i>	1	3,880	0,462	1,527	1,629
Reserva Ducke	<i>Odontomachus hastatus</i>	1	3,533	2,216	1,350	1,609
PDBFF - ZF3 Cabo Frio	<i>Odontomachus laticeps</i> Roger, 1861	1	2,501	1,521	0,601	0,936
PDBFF - ZF3 Cabo Frio	<i>Odontomachus laticeps</i>	1	2,336	1,257	0,556	0,955
PDBFF - ZF3 Cabo Frio	<i>Odontomachus laticeps</i>	1	2,175	1,385	0,630	0,856
Reserva Ducke	<i>Odontomachus laticeps</i>	1	2,450	1,427	0,479	1,022
Reserva Ducke	<i>Odontomachus meinerti</i> Forel, 1905	1	2,003	1,010	0,445	0,814
PDBFF - ZF3 km 37	<i>Odontomachus meinerti</i>	1	2,093	1,051	0,430	0,760
PDBFF - ZF2 km 14	<i>Odontomachus meinerti</i>	1	2,583	1,271	0,611	0,884
Reserva Ducke	<i>Odontomachus meinerti</i>	1	2,058	1,073	0,466	0,834
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Odontomachus opaciventris</i> Forel, 1899	1	2,807	1,494	0,709	0,957
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Odontomachus opaciventris</i>	1	2,935	1,367	0,609	1,161
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Odontomachus opaciventris</i>	1	2,623	1,316	0,689	1,062
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Odontomachus opaciventris</i>	1	2,961	1,517	0,696	1,140
Reserva Ducke	<i>Odontomachus opaciventris</i>	1	2,573	1,299	0,642	0,986
Reserva Ducke	<i>Odontomachus scalptus</i> Brown, 1978	1	3,097	1,612	0,769	1,179



## Apêndice 1.

(Continua)

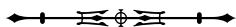
Sítios	Espécies	Número de indivíduos	Comprimento da cabeça (CC)	Comprimento mandibular (CM)	Comprimento do peçolo (CPI)	Altura do peçolo (API)
Reserva Ducke	<i>Odontomachus scalptus</i>	1	2,842	1,680	0,749	1,166
PDBFF - ZF3 km 37	<i>Odontomachus scalptus</i>	1	2,800	1,571	0,789	1,113
PDBFF - ZF3 km 37	<i>Odontomachus scalptus</i>	1	2,678	1,505	0,774	1,070
Reserva Ducke - sede	<i>Odontomachus scalptus</i>	1	3,032	1,648	0,800	1,104
Reserva Ducke	<i>Pachycondyla crassinoda</i> (Latr. 1902)	1	3,746	1,598	1,700	2,705
Reserva Ducke	<i>Pachycondyla crassinoda</i>	1	3,713	1,688	1,785	2,586
Reserva Ducke	<i>Pachycondyla crassinoda</i>	1	3,948	1,914	1,949	2,651
Reserva Ducke	<i>Pachycondyla crassinoda</i>	1	3,860	1,759	1,775	2,653
Reserva Ducke	<i>Pachycondyla crassinoda</i>	1	3,740	1,987	1,895	2,654
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Pachycondyla harpax</i> (Fabricius, 1804)	1	1,642	0,691	0,737	1,096
Reserva Ducke - sede	<i>Pachycondyla harpax</i>	1	1,815	0,756	0,730	1,075
Reserva Ducke - sede	<i>Pachycondyla harpax</i>	1	1,765	0,668	0,776	1,094
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Pachycondyla harpax</i>	1	1,633	0,682	0,737	1,156
PDBFF - ZF3 Cabo Frio	<i>Pachycondyla harpax</i>	1	1,729	0,693	0,734	1,132
PDBFF - ZF3 km 37	<i>Pachycondyla impressa</i> (Roger, 1861)	1	2,614	1,219	1,333	1,901
PDBFF - ZF3 Cabo Frio	<i>Pachycondyla impressa</i>	1	2,770	1,318	1,372	2,100
Reserva Ducke - sede	<i>Pachycondyla impressa</i>	1	2,594	1,033	1,251	1,997
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Pachycondyla impressa</i>	1	2,655	1,217	1,210	1,910
Reserva Ducke	<i>Pachycondyla impressa</i>	1	2,814	1,394	1,415	2,113
Reserva Ducke	<i>Pachycondyla lunaris</i> (Emery, 1896)	1	1,189	0,514	0,427	0,745
Reserva Ducke	<i>Pachycondyla marginata</i> (Roger, 1861)	1	1,791	0,616	0,743	0,868
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Platythyrea pilosula</i> (Smith, 1858)	1	1,346	0,348	0,973	0,777
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Platythyrea pilosula</i>	1	1,369	0,434	0,973	0,755
PDBFF - ZF2 km 14	<i>Platythyrea pilosula</i>	1	1,470	0,495	0,981	0,769
PDBFF - ZF2 km 14	<i>Platythyrea pilosula</i>	1	1,423	0,462	0,985	0,789
Reserva Ducke	<i>Platythyrea pilosula</i>	1	1,509	0,520	0,978	0,798



Apêndice 1.

(Conclusão)

Sítios	Espécies	Número de indivíduos	Comprimento da cabeça (CC)	Comprimento mandibular (CM)	Comprimento do pecíolo (CPI)	Altura do pecíolo (API)
PDBFF - ZF3 km 37	<i>Pseudoponera stigma</i> (Fabricius, 1804)	1	0,930	0,377	0,320	0,516
PDBFF - ZF2 km 14	<i>Pseudoponera stigma</i>	1	0,923	0,362	0,322	0,518
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Pseudoponera stigma</i>	1	0,934	0,367	0,323	0,544
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Pseudoponera stigma</i>	1	0,935	0,362	0,316	0,544
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Pseudoponera stigma</i>	1	0,925	0,398	0,336	0,545
Reserva Ducke	<i>Rasopone arhuaca</i> (Forel, 1901)	1	1,266	0,596	0,458	0,820
PDBFF - ZF2 km 34	<i>Rasopone arhuaca</i>	1	1,337	0,608	0,469	0,804
PDBFF - ZF2 km 14	<i>Rasopone arhuaca</i>	1	1,281	0,569	0,469	0,830
PDBFF - ZF3 Cabo Frio	<i>Rasopone arhuaca</i>	1	1,289	0,540	0,464	0,827
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Rasopone arhuaca</i>	1	1,205	0,559	0,460	0,806
PDBFF - ZF2 km 14	<i>Rasopone ferruginea</i> (Smith, 1858)	1	1,143	0,560	0,450	0,745
Reserva Ducke - sede	<i>Thaumatomyrmex atrox</i> Weber, 1939	1	0,644	0,860	0,405	0,655
Reserva Ducke - sede	<i>Thaumatomyrmex atrox</i>	1	0,673	0,865	0,404	0,577
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Thaumatomyrmex atrox</i>	1	0,659	0,901	0,406	0,572
Reserva Ducke - Ipiranga	<i>Thaumatomyrmex atrox</i>	1	0,603	0,776	0,405	0,572
PDBFF - ZF3 Cabo Frio	<i>Thaumatomyrmex</i> sp.	1	0,670	1,002	0,400	0,652





Apêndice 2. Valores do teste de Tukey para comparações múltiplas das médias do conjunto de medidas entre as 39 espécies estudadas nos sete sítios de floresta ombrófila amazônica (os valores significativos, < 0,05, estão em negrito).

(Continua)

Espécies	P
<i>Anochetus diegensis</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	0,9980164
<i>Anochetus emarginatus</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	<b>0,0003668</b>
<i>Anochetus horridus</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	0,9998562
<i>Anochetus mayri</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	0,6723949
<i>Anochetus neglectus</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	0,4274922
<i>Anochetus targionii</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	1,0000000
<i>Leptogenys famelica</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	<b>0,0000009</b>
<i>Leptogenys gaigei</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	0,9999999
<i>Leptogenys pusilla</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	0,9995596
<i>Leptogenys unistimulosa</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	<b>0,0000602</b>
<i>Leptogenys wheeleri</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	0,9998931
<i>Mayaponera constricta</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	0,0703126
<i>Neoponera apicalis</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera commutata</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera cooki</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera curvinodis</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera laevigata</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	<b>0,0000059</b>
<i>Neoponera prociua</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera unidentata</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	<b>0,0291404</b>
<i>Neoponera verenae</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus caelatus</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus haematodus</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus hastatus</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus laticeps</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	<b>0,0000002</b>
<i>Odontomachus meinerti</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	<b>0,0014493</b>
<i>Odontomachus opaciventris</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus scalptus</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla crassinoda</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla harpax</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	<b>0,0008710</b>
<i>Pachycondyla impressa</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla lunaris</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	1,0000000
<i>Pachycondyla marginata</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	0,4052406
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	0,1581573
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	0,9999998
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	0,9999936
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	1,0000000
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Anochetus bispinosus</i>	1,0000000



## Apêndice 2.

(Continua)

Espécies	P
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Anochetus bispinosus</i>	1,0000000
<i>Anochetus emarginatus</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Anochetus horridus</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0000002</b>
<i>Anochetus mayri</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	0,9997423
<i>Anochetus neglectus</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	0,9647759
<i>Anochetus targionii</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	0,9999789
<i>Leptogenys famelica</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Leptogenys gaigei</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0051605</b>
<i>Leptogenys pusilla</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	1,0000000
<i>Leptogenys unistimulosa</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Leptogenys wheeleri</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	1,0000000
<i>Mayaponera constricta</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera apicalis</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera commutata</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera cooki</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera curvinodis</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera laevigata</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera prociua</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera unidentata</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera verенаe</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus caelatus</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus haematodus</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus hastatus</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus laticeps</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus meinerti</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus opaciventris</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus scalptus</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla crassinoda</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla harpax</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla impressa</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla lunaris</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	0,7791514
<i>Pachycondyla marginata</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0000243</b>
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	0,9999999
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	<b>0,0000073</b>
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	0,6769173
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Anochetus diegensis</i>	0,3529207
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Anochetus diegensis</i>	0,7812092



## Apêndice 2.

(Continua)

Espécies	P
<i>Anochetus horridus</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	<b>0,0000040</b>
<i>Anochetus mayri</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Anochetus neglectus</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Anochetus targionii</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	<b>0,0000891</b>
<i>Leptogenys famelica</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	0,9998798
<i>Leptogenys gaigei</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	<b>0,0000947</b>
<i>Leptogenys pusilla</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Leptogenys unistimulosa</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	0,9999992
<i>Leptogenys wheeleri</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	<b>0,0000001</b>
<i>Mayaponera constricta</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	0,5750385
<i>Neoponera apicalis</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	<b>0,0273046</b>
<i>Neoponera commutata</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera cooki</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	<b>0,0007847</b>
<i>Neoponera curvinodis</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera laevigata</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	0,9972813
<i>Neoponera prociua</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	<b>0,0000384</b>
<i>Neoponera unidentata</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	0,8922581
<i>Neoponera verенаe</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	0,3560850
<i>Odontomachus caelatus</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	<b>0,0000001</b>
<i>Odontomachus haematodus</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	0,9820995
<i>Odontomachus hastatus</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus laticeps</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	0,9999914
<i>Odontomachus meinerti</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	1,0000000
<i>Odontomachus opaciventris</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	<b>0,0401229</b>
<i>Odontomachus scalptus</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	<b>0,0000782</b>
<i>Pachycondyla crassinoda</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla harpax</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	0,9999999
<i>Pachycondyla impressa</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla lunaris</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	<b>0,0066601</b>
<i>Pachycondyla marginata</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	0,9997369
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	0,2889590
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	<b>0,0000036</b>
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	<b>0,0106393</b>
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Anochetus emarginatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Anochetus emarginatus</i>	<b>0,0065912</b>
<i>Anochetus mayri</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Anochetus neglectus</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0000000</b>



## Apêndice 2.

(Continua)

Espécies	P
<i>Anochetus targionii</i> - <i>Anochetus horridus</i>	0,9924350
<i>Leptogenys famelica</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Leptogenys gaigei</i> - <i>Anochetus horridus</i>	1,0000000
<i>Leptogenys pusilla</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0000007</b>
<i>Leptogenys unistimulosa</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0000082</b>
<i>Leptogenys wheeleri</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0920878</b>
<i>Mayaponera constricta</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0006273</b>
<i>Neoponera apicalis</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera commutata</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera cooki</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera curvinodis</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera laevigata</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0000003</b>
<i>Neoponera prociua</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera unidentata</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0000939</b>
<i>Neoponera verenae</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus caelatus</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus haematodus</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus hastatus</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus laticeps</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus meinerti</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0000005</b>
<i>Odontomachus opaciventris</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus scalptus</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla crassinoda</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla harpax</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla impressa</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla lunaris</i> - <i>Anochetus horridus</i>	1,0000000
<i>Pachycondyla marginata</i> - <i>Anochetus horridus</i>	0,7741332
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0084279</b>
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Anochetus horridus</i>	<b>0,0000035</b>
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Anochetus horridus</i>	1,0000000
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Anochetus horridus</i>	1,0000000
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Anochetus horridus</i>	0,7696814
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Anochetus horridus</i>	1,0000000
<i>Anochetus neglectus</i> - <i>Anochetus mayri</i>	1,0000000
<i>Anochetus targionii</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,8969811
<i>Leptogenys famelica</i> - <i>Anochetus mayri</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Leptogenys gaigei</i> - <i>Anochetus mayri</i>	<b>0,0000111</b>
<i>Leptogenys pusilla</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,9965676



## Apêndice 2.

(Continua)

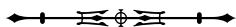
Espécies	P
<i>Leptogenys unistimulosa</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,0000000
<i>Leptogenys wheeleri</i> - <i>Anochetus mayri</i>	1,0000000
<i>Mayaponera constricta</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,0000000
<i>Neoponera apicalis</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,0000000
<i>Neoponera commutata</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,0000000
<i>Neoponera cooki</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,0000000
<i>Neoponera curvinodis</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,0000000
<i>Neoponera laevigata</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,0000000
<i>Neoponera prociua</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,0000000
<i>Neoponera unidentata</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,0000000
<i>Neoponera verenae</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,0000000
<i>Odontomachus caelatus</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,0000000
<i>Odontomachus haematodus</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,0000000
<i>Odontomachus hastatus</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,0000000
<i>Odontomachus laticeps</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,0000000
<i>Odontomachus meinerti</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,0000000
<i>Odontomachus opaciventris</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,0000000
<i>Odontomachus scalptus</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla crassinoda</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla harpax</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla impressa</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla lunaris</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,1445139
<i>Pachycondyla marginata</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,0000002
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,0000000
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,5351957
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,0000000
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,0981650
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Anochetus mayri</i>	0,0029439
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Anochetus mayri</i>	0,1456910
<i>Anochetus targionii</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,7130486
<i>Leptogenys famelica</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0000000
<i>Leptogenys gaigei</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0000006
<i>Leptogenys pusilla</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,8801924
<i>Leptogenys unistimulosa</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0000000
<i>Leptogenys wheeleri</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	1,0000000
<i>Mayaponera constricta</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0000000
<i>Neoponera apicalis</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0000000
<i>Neoponera commutata</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0000000



## Apêndice 2.

(Continua)

Espécies	P
<i>Neoponera cooki</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0000000
<i>Neoponera curvinodis</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0000000
<i>Neoponera laevigata</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0000000
<i>Neoponera prociua</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0000000
<i>Neoponera unidentata</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0000000
<i>Neoponera verenae</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0000000
<i>Odontomachus caelatus</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0000000
<i>Odontomachus haematodus</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0000000
<i>Odontomachus hastatus</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0000000
<i>Odontomachus laticeps</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0000000
<i>Odontomachus meinerti</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0000000
<i>Odontomachus opaciventris</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0000000
<i>Odontomachus scalptus</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla crassinoda</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla harpax</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla impressa</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla lunaris</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0575432
<i>Pachycondyla marginata</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0000000
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0000000
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,1253240
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0000000
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0365074
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Anochetus neglectus</i>	0,0002035
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Anochetus neglectus</i>	0,0581013
<i>Leptogenys famelica</i> - <i>Anochetus targionii</i>	0,0000002
<i>Leptogenys gaigei</i> - <i>Anochetus targionii</i>	0,9999566
<i>Leptogenys pusilla</i> - <i>Anochetus targionii</i>	0,9999981
<i>Leptogenys unistimulosa</i> - <i>Anochetus targionii</i>	0,0000167
<i>Leptogenys wheeleri</i> - <i>Anochetus targionii</i>	0,9999990
<i>Mayaponera constricta</i> - <i>Anochetus targionii</i>	0,0214648
<i>Neoponera apicalis</i> - <i>Anochetus targionii</i>	0,0000000
<i>Neoponera commutata</i> - <i>Anochetus targionii</i>	0,0000000
<i>Neoponera cooki</i> - <i>Anochetus targionii</i>	0,0000000
<i>Neoponera curvinodis</i> - <i>Anochetus targionii</i>	0,0000000
<i>Neoponera laevigata</i> - <i>Anochetus targionii</i>	0,0000015
<i>Neoponera prociua</i> - <i>Anochetus targionii</i>	0,0000000
<i>Neoponera unidentata</i> - <i>Anochetus targionii</i>	0,0080500
<i>Neoponera verenae</i> - <i>Anochetus targionii</i>	0,0000000





## Apêndice 2.

(Continua)

Espécies	P
<i>Neoponera verenae</i> - <i>Anochetus targionii</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus haematodus</i> - <i>Anochetus targionii</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus hastatus</i> - <i>Anochetus targionii</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus laticeps</i> - <i>Anochetus targionii</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus meinerti</i> - <i>Anochetus targionii</i>	<b>0,0003300</b>
<i>Odontomachus opaciventris</i> - <i>Anochetus targionii</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus scalptus</i> - <i>Anochetus targionii</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla crassinoda</i> - <i>Anochetus targionii</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla harpax</i> - <i>Anochetus targionii</i>	<b>0,0001825</b>
<i>Pachycondyla impressa</i> - <i>Anochetus targionii</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla lunaris</i> - <i>Anochetus targionii</i>	1,0000000
<i>Pachycondyla marginata</i> - <i>Anochetus targionii</i>	0,2269875
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Anochetus targionii</i>	<b>0,0555417</b>
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Anochetus targionii</i>	1,0000000
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Anochetus targionii</i>	0,9989201
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Anochetus targionii</i>	1,0000000
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Anochetus targionii</i>	1,0000000
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Anochetus targionii</i>	1,0000000
<i>Leptogenys gaigei</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Leptogenys pusilla</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Leptogenys unistimulosa</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	1,0000000
<i>Leptogenys wheeleri</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Mayaponera constricta</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	<b>0,0017028</b>
<i>Neoponera apicalis</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	0,6248541
<i>Neoponera commutata</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera cooki</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	<b>0,0847313</b>
<i>Neoponera curvinodis</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	<b>0,0000011</b>
<i>Neoponera laevigata</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	1,0000000
<i>Neoponera prociua</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	<b>0,0086732</b>
<i>Neoponera unidentata</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	<b>0,0119393</b>
<i>Neoponera verenae</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	0,9963835
<i>Odontomachus caelatus</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	<b>0,0008989</b>
<i>Odontomachus haematodus</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	1,0000000
<i>Odontomachus hastatus</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus laticeps</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	1,0000000
<i>Odontomachus meinerti</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	0,5741635
<i>Odontomachus opaciventris</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	0,9845765
<i>Odontomachus scalptus</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	0,1399875



## Apêndice 2.

(Continua)

Espécies	P
<i>Pachycondyla crassinoda</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla harpax</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	0,3874044
<i>Pachycondyla impressa</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla lunaris</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	<b>0,0000277</b>
<i>Pachycondyla marginata</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	0,5423092
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	<b>0,0003359</b>
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	<b>0,0000496</b>
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Leptogenys famelica</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Leptogenys famelica</i>	<b>0,0000274</b>
<i>Leptogenys pusilla</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	<b>0,0112156</b>
<i>Leptogenys unistimulosa</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	<b>0,0000386</b>
<i>Leptogenys wheeleri</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	0,4143887
<i>Mayaponera constricta</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	<b>0,0452747</b>
<i>Neoponera apicalis</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera commutata</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera cooki</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera curvinodis</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera laevigata</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	<b>0,0000021</b>
<i>Neoponera prociua</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera unidentata</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	<b>0,0120787</b>
<i>Neoponera verенаe</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus caelatus</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus haematodus</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus hastatus</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus laticeps</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus meinerti</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	<b>0,0001679</b>
<i>Odontomachus opaciventris</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus scalptus</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla crassinoda</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla harpax</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	<b>0,0000331</b>
<i>Pachycondyla impressa</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla lunaris</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	1,0000000
<i>Pachycondyla marginata</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	0,7684873
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	0,1651970
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	<b>0,0635967</b>
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	1,0000000



## Apêndice 2.

(Continua)

Espécies	P
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	1,0000000
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Leptogenys gaigei</i>	0,9998690
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Leptogenys gaigei</i>	1,0000000
<i>Leptogenys unistimulosa</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Leptogenys wheeleri</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	1,0000000
<i>Mayaponera constricta</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera apicalis</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera commutata</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera cooki</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera curvinodis</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera laevigata</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera prociua</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera unidentata</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera verенаe</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus caelatus</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus haematodus</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus hastatus</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus laticeps</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus meinerti</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus opaciventris</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus scalptus</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla crassinoda</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla harpax</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla impressa</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla lunaris</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	0,8620796
<i>Pachycondyla marginata</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	<b>0,0000461</b>
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	1,0000000
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	<b>0,0000255</b>
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	0,7774282
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Leptogenys pusilla</i>	0,5243574
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Leptogenys pusilla</i>	0,8636854
<i>Leptogenys wheeleri</i> - <i>Leptogenys unistimulosa</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Mayaponera constricta</i> - <i>Leptogenys unistimulosa</i>	0,1208884
<i>Neoponera apicalis</i> - <i>Leptogenys unistimulosa</i>	0,8734890
<i>Neoponera commutata</i> - <i>Leptogenys unistimulosa</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera cooki</i> - <i>Leptogenys unistimulosa</i>	0,2963400
<i>Neoponera curvinodis</i> - <i>Leptogenys unistimulosa</i>	<b>0,0000655</b>



## Apêndice 2.

(Continua)

Espécies	P
<i>Neoponera laevigata</i> - <i>Leptogenys unistimulosa</i>	1,0000000
<i>Neoponera prociua</i> - <i>Leptogenys unistimulosa</i>	<b>0,0631204</b>
<i>Neoponera unidentata</i> - <i>Leptogenys unistimulosa</i>	0,2876534
<i>Neoponera verenae</i> - <i>Leptogenys unistimulosa</i>	0,9997307
<i>Odontomachus caelatus</i> - <i>Leptogenys unistimulosa</i>	<b>0,0805725</b>
<i>Odontomachus haematodus</i> - <i>Leptogenys unistimulosa</i>	1,0000000
<i>Odontomachus hastatus</i> - <i>Leptogenys unistimulosa</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus laticeps</i> - <i>Leptogenys unistimulosa</i>	1,0000000
<i>Odontomachus meinerti</i> - <i>Leptogenys unistimulosa</i>	0,9576285
<i>Odontomachus opaciventris</i> - <i>Leptogenys unistimulos</i>	0,9998889
<i>Odontomachus scalptus</i> - <i>Leptogenys unistimulosa</i>	0,7372184
<i>Pachycondyla crassinoda</i> - <i>Leptogenys unistimulosa</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla harpax</i> - <i>Leptogenys unistimulosa</i>	0,9192057
<i>Pachycondyla impressa</i> - <i>Leptogenys unistimulosa</i>	<b>0,0000004</b>
<i>Pachycondyla lunaris</i> - <i>Leptogenys unistimulosa</i>	<b>0,0009009</b>
<i>Pachycondyla marginata</i> - <i>Leptogenys unistimulosa</i>	0,8364498
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Leptogenys unistimulosa</i>	<b>0,0515551</b>
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Leptogenys unistimulosa</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Leptogenys unistimulosa</i>	<b>0,0000062</b>
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Leptogenys unistimulosa</i>	<b>0,0014158</b>
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Leptogenys unistimulosa</i>	<b>0,0000001</b>
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Leptogenys unistimulosa</i>	<b>0,0008920</b>
<i>Mayaponera constricta</i> - <i>Leptogenys wheeleri</i>	<b>0,0000176</b>
<i>Neoponera apicalis</i> - <i>Leptogenys wheeleri</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera commutata</i> - <i>Leptogenys wheeleri</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera cooki</i> - <i>Leptogenys wheeleri</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera curvinodis</i> - <i>Leptogenys wheeleri</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera laevigata</i> - <i>Leptogenys wheeleri</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera prociua</i> - <i>Leptogenys wheeleri</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera unidentata</i> - <i>Leptogenys wheeleri</i>	<b>0,0000052</b>
<i>Neoponera verenae</i> - <i>Leptogenys wheeleri</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus caelatus</i> - <i>Leptogenys wheeleri</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus haematodus</i> - <i>Leptogenys wheeleri</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus hastatus</i> - <i>Leptogenys wheeleri</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus laticeps</i> - <i>Leptogenys wheeleri</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus meinerti</i> - <i>Leptogenys wheeleri</i>	<b>0,0000001</b>
<i>Odontomachus opaciventris</i> - <i>Leptogenys wheeleri</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus scalptus</i> - <i>Leptogenys wheeleri</i>	<b>0,0000000</b>



## Apêndice 2.

(Continua)

Espécies	P
<i>Pachycondyla crassinoda-Leptogenys wheeleri</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla harpax-Leptogenys wheeleri</i>	<b>0,0000001</b>
<i>Pachycondyla impressa-Leptogenys wheeleri</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla lunaris-Leptogenys wheeleri</i>	0,9654921
<i>Pachycondyla marginata-Leptogenys wheeleri</i>	<b>0,0035244</b>
<i>Platythyrea pilosula-Leptogenys wheeleri</i>	<b>0,0000671</b>
<i>Pseudoponera stigma-Leptogenys wheeleri</i>	1,0000000
<i>Rasopone arhuaca-Leptogenys wheeleri</i>	0,1768216
<i>Rasopone ferruginea-Leptogenys wheeleri</i>	0,9375024
<i>Thaumatomyrmex atrox-Leptogenys wheeleri</i>	0,9788892
<i>Thaumatomyrmex sp.-Leptogenys wheeleri</i>	0,9659742
<i>Neoponera apicalis-Mayaponera constricta</i>	<b>0,0000001</b>
<i>Neoponera commutata-Mayaponera constricta</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera cooki-Mayaponera constricta</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera curvinodis-Mayaponera constricta</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera laevigata-Mayaponera constricta</i>	<b>0,0150067</b>
<i>Neoponera prociua-Mayaponera constricta</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera unidentata-Mayaponera constricta</i>	1,0000000
<i>Neoponera verenae-Mayaponera constricta</i>	<b>0,0000275</b>
<i>Odontomachus caelatus-Mayaponera constricta</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus haematodus-Mayaponera constricta</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus hastatus-Mayaponera constricta</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus laticeps-Mayaponera constricta</i>	<b>0,0000580</b>
<i>Odontomachus meinerti-Mayaponera constricta</i>	0,9582935
<i>Odontomachus opaciventris-Mayaponera constricta</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus scalptus-Mayaponera constricta</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla crassinoda-Mayaponera constricta</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla harpax-Mayaponera constricta</i>	0,8960879
<i>Pachycondyla impressa-Mayaponera constricta</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla lunaris-Mayaponera constricta</i>	0,4849174
<i>Pachycondyla marginata-Mayaponera constricta</i>	1,0000000
<i>Platythyrea pilosula-Mayaponera constricta</i>	1,0000000
<i>Pseudoponera stigma-Mayaponera constricta</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Rasopone arhuaca-Mayaponera constricta</i>	<b>0,0008086</b>
<i>Rasopone ferruginea-Mayaponera constricta</i>	0,6006443
<i>Thaumatomyrmex atrox-Mayaponera constricta</i>	<b>0,0000026</b>
<i>Thaumatomyrmex sp.-Mayaponera constricta</i>	0,4824288
<i>Neoponera commutata-Neoponera apicalis</i>	<b>0,0000000</b>



## Apêndice 2.

(Continua)

Espécies	P
<i>Neoponera cooki</i> - <i>Neoponera apicalis</i>	1,0000000
<i>Neoponera curvinodis</i> - <i>Neoponera apicalis</i>	0,3686218
<i>Neoponera laevigata</i> - <i>Neoponera apicalis</i>	0,9930204
<i>Neoponera prociua</i> - <i>Neoponera apicalis</i>	0,9999928
<i>Neoponera unidentata</i> - <i>Neoponera apicalis</i>	<b>0,0000010</b>
<i>Neoponera verenae</i> - <i>Neoponera apicalis</i>	1,0000000
<i>Odontomachus caelatus</i> - <i>Neoponera apicalis</i>	1,0000000
<i>Odontomachus haematodus</i> - <i>Neoponera apicalis</i>	0,3143036
<i>Odontomachus hastatus</i> - <i>Neoponera apicalis</i>	<b>0,0000004</b>
<i>Odontomachus laticeps</i> - <i>Neoponera apicalis</i>	0,2085157
<i>Odontomachus meinerti</i> - <i>Neoponera apicalis</i>	<b>0,0002279</b>
<i>Odontomachus opaciventris</i> - <i>Neoponera apicalis</i>	0,9997217
<i>Odontomachus scalptus</i> - <i>Neoponera apicalis</i>	1,0000000
<i>Pachycondyla crassinoda</i> - <i>Neoponera apicalis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla harpax</i> - <i>Neoponera apicalis</i>	<b>0,0000796</b>
<i>Pachycondyla impressa</i> - <i>Neoponera apicalis</i>	0,1945045
<i>Pachycondyla lunaris</i> - <i>Neoponera apicalis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla marginata</i> - <i>Neoponera apicalis</i>	<b>0,0010162</b>
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Neoponera apicalis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Neoponera apicalis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Neoponera apicalis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Neoponera apicalis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Neoponera apicalis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Neoponera apicalis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera cooki</i> - <i>Neoponera commutata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera curvinodis</i> - <i>Neoponera commutata</i>	<b>0,0002298</b>
<i>Neoponera laevigata</i> - <i>Neoponera commutata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera prociua</i> - <i>Neoponera commutata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera unidentata</i> - <i>Neoponera commutata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera verenae</i> - <i>Neoponera commutata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus caelatus</i> - <i>Neoponera commutata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus haematodus</i> - <i>Neoponera commutata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus hastatus</i> - <i>Neoponera commutata</i>	<b>0,0200248</b>
<i>Odontomachus laticeps</i> - <i>Neoponera commutata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus meinerti</i> - <i>Neoponera commutata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus opaciventris</i> - <i>Neoponera commutata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus scalptus</i> - <i>Neoponera commutata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla crassinoda</i> - <i>Neoponera commutata</i>	0,1765802





## Apêndice 2.

(Continua)

Espécies	P
<i>Pachycondyla harpax-Neoponera commutata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla impressa-Neoponera commutata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla lunaris-Neoponera commutata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla marginata-Neoponera commutata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Platythyrea pilosula-Neoponera commutata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pseudoponera stigma-Neoponera commutata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Rasopone arhuaca-Neoponera commutata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Rasopone ferruginea-Neoponera commutata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Thaumatomyrmex atrox-Neoponera commutata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Thaumatomyrmex sp.-Neoponera commutata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera curvinodis-Neoponera cooki</i>	0,9201334
<i>Neoponera laevigata-Neoponera cooki</i>	0,6723653
<i>Neoponera prociua-Neoponera cooki</i>	1,0000000
<i>Neoponera unidentata-Neoponera cooki</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera verenae-Neoponera cooki</i>	0,9997893
<i>Odontomachus caelatus-Neoponera cooki</i>	1,0000000
<i>Odontomachus haematodus-Neoponera cooki</i>	<b>0,0136223</b>
<i>Odontomachus hastatus-Neoponera cooki</i>	<b>0,0000499</b>
<i>Odontomachus laticeps-Neoponera cooki</i>	<b>0,0087516</b>
<i>Odontomachus meinerti-Neoponera cooki</i>	<b>0,0000020</b>
<i>Odontomachus opaciventris-Neoponera cooki</i>	0,7229251
<i>Odontomachus scalptus-Neoponera cooki</i>	0,9996068
<i>Pachycondyla crassinoda-Neoponera cooki</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla harpax-Neoponera cooki</i>	<b>0,0000005</b>
<i>Pachycondyla impressa-Neoponera cooki</i>	0,9033450
<i>Pachycondyla lunaris-Neoponera cooki</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla marginata-Neoponera cooki</i>	<b>0,0000291</b>
<i>Platythyrea pilosula-Neoponera cooki</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pseudoponera stigma-Neoponera cooki</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Rasopone arhuaca-Neoponera cooki</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Rasopone ferruginea-Neoponera cooki</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Thaumatomyrmex atrox-Neoponera cooki</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Thaumatomyrmex sp.-Neoponera cooki</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera laevigata-Neoponera curvinodis</i>	<b>0,0005855</b>
<i>Neoponera prociua-Neoponera curvinodis</i>	0,9989530
<i>Neoponera unidentata-Neoponera curvinodis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera verenae-Neoponera curvinodis</i>	<b>0,0438270</b>
<i>Odontomachus caelatus-Neoponera curvinodis</i>	0,1140416



## Apêndice 2.

(Continua)

Espécies	P
<i>Odontomachus haematodus-Neoponera curvinodis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus hastatus-Neoponera curvinodis</i>	0,7215574
<i>Odontomachus laticeps-Neoponera curvinodis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus meinerti-Neoponera curvinodis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus opaciventris-Neoponera curvinodis</i>	<b>0,0000311</b>
<i>Odontomachus scalptus-Neoponera curvinodis</i>	<b>0,0021125</b>
<i>Pachycondyla crassinoda-Neoponera curvinodis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla harpax-Neoponera curvinodis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla impressa-Neoponera curvinodis</i>	1,0000000
<i>Pachycondyla lunaris-Neoponera curvinodis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla marginata-Neoponera curvinodis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Platythyrea pilosula-Neoponera curvinodis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pseudoponera stigma-Neoponera curvinodis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Rasopone arhuaca-Neoponera curvinodis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Rasopone ferruginea-Neoponera curvinodis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Thaumatomyrmex atrox-Neoponera curvinodis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Thaumatomyrmex sp.-Neoponera curvinodis</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera prociua-Neoponera laevigata</i>	0,2405433
<i>Neoponera unidentata-Neoponera laevigata</i>	<b>0,0502814</b>
<i>Neoponera verenae-Neoponera laevigata</i>	1,0000000
<i>Odontomachus caelatus-Neoponera laevigata</i>	0,3976104
<i>Odontomachus haematodus-Neoponera laevigata</i>	1,0000000
<i>Odontomachus hastatus-Neoponera laevigata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus laticeps-Neoponera laevigata</i>	1,0000000
<i>Odontomachus meinerti-Neoponera laevigata</i>	0,6019889
<i>Odontomachus opaciventris-Neoponera laevigata</i>	1,0000000
<i>Odontomachus scalptus-Neoponera laevigata</i>	0,9892180
<i>Pachycondyla crassinoda-Neoponera laevigata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla harpax-Neoponera laevigata</i>	0,4828078
<i>Pachycondyla impressa-Neoponera laevigata</i>	<b>0,0000102</b>
<i>Pachycondyla lunaris-Neoponera laevigata</i>	<b>0,0001041</b>
<i>Pachycondyla marginata-Neoponera laevigata</i>	0,4668507
<i>Platythyrea pilosula-Neoponera laevigata</i>	<b>0,0051399</b>
<i>Pseudoponera stigma-Neoponera laevigata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Rasopone arhuaca-Neoponera laevigata</i>	<b>0,0000002</b>
<i>Rasopone ferruginea-Neoponera laevigata</i>	<b>0,0001694</b>
<i>Thaumatomyrmex atrox-Neoponera laevigata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Thaumatomyrmex sp.-Neoponera laevigata</i>	<b>0,0001030</b>



## Apêndice 2.

(Continua)

Espécies	P
<i>Neoponera unidentata</i> - <i>Neoponera prociua</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera verenae</i> - <i>Neoponera prociua</i>	0,9603167
<i>Odontomachus caelatus</i> - <i>Neoponera prociua</i>	0,9999980
<i>Odontomachus haematodus</i> - <i>Neoponera prociua</i>	<b>0,0005992</b>
<i>Odontomachus hastatus</i> - <i>Neoponera prociua</i>	<b>0,0013025</b>
<i>Odontomachus laticeps</i> - <i>Neoponera prociua</i>	<b>0,0004331</b>
<i>Odontomachus meinerti</i> - <i>Neoponera prociua</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus opaciventris</i> - <i>Neoponera prociua</i>	0,1822338
<i>Odontomachus scalptus</i> - <i>Neoponera prociua</i>	0,8716933
<i>Pachycondyla crassinoda</i> - <i>Neoponera prociua</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla harpax</i> - <i>Neoponera prociua</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla impressa</i> - <i>Neoponera prociua</i>	0,9998013
<i>Pachycondyla lunaris</i> - <i>Neoponera prociua</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla marginata</i> - <i>Neoponera prociua</i>	<b>0,0000017</b>
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Neoponera prociua</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Neoponera prociua</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Neoponera prociua</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Neoponera prociua</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Neoponera prociua</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Neoponera prociua</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Neoponera verenae</i> - <i>Neoponera unidentata</i>	<b>0,0001519</b>
<i>Odontomachus caelatus</i> - <i>Neoponera unidentata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus haematodus</i> - <i>Neoponera unidentata</i>	<b>0,0000002</b>
<i>Odontomachus hastatus</i> - <i>Neoponera unidentata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus laticeps</i> - <i>Neoponera unidentata</i>	<b>0,0011856</b>
<i>Odontomachus meinerti</i> - <i>Neoponera unidentata</i>	0,9997696
<i>Odontomachus opaciventris</i> - <i>Neoponera unidentata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus scalptus</i> - <i>Neoponera unidentata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla crassinoda</i> - <i>Neoponera unidentata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla harpax</i> - <i>Neoponera unidentata</i>	0,9992301
<i>Pachycondyla impressa</i> - <i>Neoponera unidentata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla lunaris</i> - <i>Neoponera unidentata</i>	0,2817405
<i>Pachycondyla marginata</i> - <i>Neoponera unidentata</i>	1,0000000
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Neoponera unidentata</i>	0,9999999
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Neoponera unidentata</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Neoponera unidentata</i>	<b>0,0001297</b>
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Neoponera unidentata</i>	0,3771510
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Neoponera unidentata</i>	<b>0,0000005</b>



## Apêndice 2.

(Continua)

Espécies	P
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Neoponera unidentata</i>	0,2798337
<i>Odontomachus caelatus</i> - <i>Neoponera verenae</i>	0,9998367
<i>Odontomachus haematodus</i> - <i>Neoponera verenae</i>	0,9745243
<i>Odontomachus hastatus</i> - <i>Neoponera verenae</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus laticeps</i> - <i>Neoponera verenae</i>	0,9060902
<i>Odontomachus meinerti</i> - <i>Neoponera verenae</i>	<b>0,0143436</b>
<i>Odontomachus opaciventris</i> - <i>Neoponera verenae</i>	1,0000000
<i>Odontomachus scalptus</i> - <i>Neoponera verenae</i>	1,0000000
<i>Pachycondyla crassinoda</i> - <i>Neoponera verenae</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla harpax</i> - <i>Neoponera verenae</i>	<b>0,0068964</b>
<i>Pachycondyla impressa</i> - <i>Neoponera verenae</i>	<b>0,0065235</b>
<i>Pachycondyla lunaris</i> - <i>Neoponera verenae</i>	<b>0,0000004</b>
<i>Pachycondyla marginata</i> - <i>Neoponera verenae</i>	<b>0,0228877</b>
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Neoponera verenae</i>	<b>0,0000070</b>
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Neoponera verenae</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Neoponera verenae</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Neoponera verenae</i>	<b>0,0000008</b>
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Neoponera verenae</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Neoponera verenae</i>	<b>0,0000004</b>
<i>Odontomachus haematodus</i> - <i>Odontomachus caelatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus hastatus</i> - <i>Odontomachus caelatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus laticeps</i> - <i>Odontomachus caelatus</i>	<b>0,0000001</b>
<i>Odontomachus meinerti</i> - <i>Odontomachus caelatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus opaciventris</i> - <i>Odontomachus caelatus</i>	<b>0,0208203</b>
<i>Odontomachus scalptus</i> - <i>Odontomachus caelatus</i>	0,9357617
<i>Pachycondyla crassinoda</i> - <i>Odontomachus caelatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla harpax</i> - <i>Odontomachus caelatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla impressa</i> - <i>Odontomachus caelatus</i>	<b>0,0000464</b>
<i>Pachycondyla lunaris</i> - <i>Odontomachus caelatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla marginata</i> - <i>Odontomachus caelatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Odontomachus caelatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Odontomachus caelatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Odontomachus caelatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Odontomachus caelatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Odontomachus caelatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Odontomachus caelatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus hastatus</i> - <i>Odontomachus haematodus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus laticeps</i> - <i>Odontomachus haematodus</i>	1,0000000



## Apêndice 2.

(Continua)

Espécies	P
<i>Odontomachus meinerti</i> - <i>Odontomachus haematodus</i>	<b>0,0172477</b>
<i>Odontomachus opaciventris</i> - <i>Odontomachus haematodu</i>	0,4079308
<i>Odontomachus scalptus</i> - <i>Odontomachus haematodus</i>	<b>0,0000415</b>
<i>Pachycondyla crassinoda</i> - <i>Odontomachus haematodus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla harpax</i> - <i>Odontomachus haematodus</i>	<b>0,0011949</b>
<i>Pachycondyla impressa</i> - <i>Odontomachus haematodus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla lunaris</i> - <i>Odontomachus haematodus</i>	<b>0,0000002</b>
<i>Pachycondyla marginata</i> - <i>Odontomachus haematodus</i>	0,1922552
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Odontomachus haematodus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Odontomachus haematodus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Odontomachus haematodus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Odontomachus haematodus</i>	<b>0,0000005</b>
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Odontomachus haematodus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Thaumatomyrmex sp.</i> - <i>Odontomachus haematodus</i>	<b>0,0000002</b>
<i>Odontomachus laticeps</i> - <i>Odontomachus hastatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus meinerti</i> - <i>Odontomachus hastatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus opaciventris</i> - <i>Odontomachus hastatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus scalptus</i> - <i>Odontomachus hastatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla crassinoda</i> - <i>Odontomachus hastatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla harpax</i> - <i>Odontomachus hastatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla impressa</i> - <i>Odontomachus hastatus</i>	<b>0,0000250</b>
<i>Pachycondyla lunaris</i> - <i>Odontomachus hastatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla marginata</i> - <i>Odontomachus hastatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Odontomachus hastatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Odontomachus hastatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Odontomachus hastatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Odontomachus hastatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Odontomachus hastatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Thaumatomyrmex sp.</i> - <i>Odontomachus hastatus</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Odontomachus meinerti</i> - <i>Odontomachus laticeps</i>	0,4631425
<i>Odontomachus opaciventris</i> - <i>Odontomachus laticeps</i>	0,3582106
<i>Odontomachus scalptus</i> - <i>Odontomachus laticeps</i>	<b>0,0003983</b>
<i>Pachycondyla crassinoda</i> - <i>Odontomachus laticeps</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla harpax</i> - <i>Odontomachus laticeps</i>	0,2180306
<i>Pachycondyla impressa</i> - <i>Odontomachus laticeps</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Pachycondyla lunaris</i> - <i>Odontomachus laticeps</i>	<b>0,0000094</b>
<i>Pachycondyla marginata</i> - <i>Odontomachus laticeps</i>	0,5768366
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Odontomachus laticeps</i>	<b>0,0000057</b>



## Apêndice 2.

(Continua)

Espécies	P
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Odontomachus laticeps</i>	0,0000000
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Odontomachus laticeps</i>	0,0000000
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Odontomachus laticeps</i>	0,0000180
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Odontomachus laticeps</i>	0,0000000
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Odontomachus laticeps</i>	0,0000092
<i>Odontomachus opaciventris</i> - <i>Odontomachus meinerti</i>	0,0000010
<i>Odontomachus scalptus</i> - <i>Odontomachus meinerti</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla crassinoda</i> - <i>Odontomachus meinerti</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla harpax</i> - <i>Odontomachus meinerti</i>	1,0000000
<i>Pachycondyla impressa</i> - <i>Odontomachus meinerti</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla lunaris</i> - <i>Odontomachus meinerti</i>	0,0273258
<i>Pachycondyla marginata</i> - <i>Odontomachus meinerti</i>	1,0000000
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Odontomachus meinerti</i>	0,7092014
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Odontomachus meinerti</i>	0,0000000
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Odontomachus meinerti</i>	0,0000008
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Odontomachus meinerti</i>	0,0430530
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Odontomachus meinerti</i>	0,0000000
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Odontomachus meinerti</i>	0,0270491
<i>Odontomachus scalptus</i> - <i>Odontomachus opaciventris</i>	0,9785087
<i>Pachycondyla crassinoda</i> - <i>Odontomachus opaciventris</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla harpax</i> - <i>Odontomachus opaciventris</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla impressa</i> - <i>Odontomachus opaciventris</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla lunaris</i> - <i>Odontomachus opaciventris</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla marginata</i> - <i>Odontomachus opaciventris</i>	0,0015475
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Odontomachus opaciventris</i>	0,0000000
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Odontomachus opaciventris</i>	0,0000000
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Odontomachus opaciventris</i>	0,0000000
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Odontomachus opaciventris</i>	0,0000000
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Odontomachus opaciventris</i>	0,0000000
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Odontomachus opaciventris</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla crassinoda</i> - <i>Odontomachus scalptus</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla harpax</i> - <i>Odontomachus scalptus</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla impressa</i> - <i>Odontomachus scalptus</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla lunaris</i> - <i>Odontomachus scalptus</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla marginata</i> - <i>Odontomachus scalptus</i>	0,0000087
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Odontomachus scalptus</i>	0,0000000
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Odontomachus scalptus</i>	0,0000000
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Odontomachus scalptus</i>	0,0000000





## Apêndice 2.

(Continua)

Espécies	P
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Odontomachus scalptus</i>	0,0000000
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Odontomachus scalptus</i>	0,0000000
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Odontomachus scalptus</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla harpax</i> - <i>Pachycondyla crassinoda</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla impressa</i> - <i>Pachycondyla crassinoda</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla lunaris</i> - <i>Pachycondyla crassinoda</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla marginata</i> - <i>Pachycondyla crassinoda</i>	0,0000000
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Pachycondyla crassinoda</i>	0,0000000
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Pachycondyla crassinoda</i>	0,0000000
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Pachycondyla crassinoda</i>	0,0000000
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Pachycondyla crassinoda</i>	0,0000000
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Pachycondyla crassinoda</i>	0,0000000
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Pachycondyla crassinoda</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla impressa</i> - <i>Pachycondyla harpax</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla lunaris</i> - <i>Pachycondyla harpax</i>	0,0197003
<i>Pachycondyla marginata</i> - <i>Pachycondyla harpax</i>	1,0000000
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Pachycondyla harpax</i>	0,5124852
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Pachycondyla harpax</i>	0,0000000
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Pachycondyla harpax</i>	0,0000000
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Pachycondyla harpax</i>	0,0320244
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Pachycondyla harpax</i>	0,0000000
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Pachycondyla harpax</i>	0,0194874
<i>Pachycondyla lunaris</i> - <i>Pachycondyla impressa</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla marginata</i> - <i>Pachycondyla impressa</i>	0,0000000
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Pachycondyla impressa</i>	0,0000000
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Pachycondyla impressa</i>	0,0000000
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Pachycondyla impressa</i>	0,0000000
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Pachycondyla impressa</i>	0,0000000
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Pachycondyla impressa</i>	0,0000000
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Pachycondyla impressa</i>	0,0000000
<i>Pachycondyla marginata</i> - <i>Pachycondyla lunaris</i>	0,8586464
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Pachycondyla lunaris</i>	0,7135851
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Pachycondyla lunaris</i>	0,9867954
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Pachycondyla lunaris</i>	1,0000000
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Pachycondyla lunaris</i>	1,0000000
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Pachycondyla lunaris</i>	1,0000000
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Pachycondyla lunaris</i>	1,0000000
<i>Platythyrea pilosula</i> - <i>Pachycondyla marginata</i>	1,0000000



## Apêndice 2.

(Conclusão)

Espécies	P
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Pachycondyla marginata</i>	<b>0,0002297</b>
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Pachycondyla marginata</i>	0,6849595
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Pachycondyla marginata</i>	0,9096133
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Pachycondyla marginata</i>	<b>0,0735943</b>
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Pachycondyla marginata</i>	0,8573771
<i>Pseudoponera stigma</i> - <i>Platythyrea pilosula</i>	<b>0,0000000</b>
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Platythyrea pilosula</i>	<b>0,0086635</b>
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Platythyrea pilosula</i>	0,8126058
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Platythyrea pilosula</i>	<b>0,0000278</b>
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Platythyrea pilosula</i>	0,7112375
<i>Rasopone arhuaca</i> - <i>Pseudoponera stigma</i>	<b>0,0001862</b>
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Pseudoponera stigma</i>	0,9659140
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Pseudoponera stigma</i>	0,9343181
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Pseudoponera stigma</i>	0,9870953
<i>Rasopone ferruginea</i> - <i>Rasopone arhuaca</i>	1,0000000
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Rasopone arhuaca</i>	0,9667031
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Rasopone arhuaca</i>	1,0000000
<i>Thaumatomyrmex atrox</i> - <i>Rasopone ferruginea</i>	1,0000000
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Rasopone ferruginea</i>	1,0000000
<i>Thaumatomyrmex</i> sp.- <i>Thaumatomyrmex atrox</i>	1,0000000



## A new species of *Discothyrea* Roger (Hymenoptera: Formicidae) from the Brazilian Atlantic Rainforest

### Uma nova espécie de *Discothyrea* Roger (Hymenoptera: Formicidae) da Mata Atlântica brasileira

Júlio Cezar Mário Chaul 

Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais, Brasil

**Abstract:** A new species of the cosmopolitan genus *Discothyrea* Roger, a member of the Proceratiinae subfamily, is described for the Brazilian Atlantic Forest. The species, *Discothyrea bobi* sp. nov., is compared to the other New World species described for the genus so far. Two putatively important morphological features of the genus, the palpal formula and the antennal pits, are discussed.

**Keywords:** Biodiversity. Taxonomy. Myrmecology. Morphology.

**Resumo:** Uma nova espécie do gênero cosmopolita *Discothyrea* Roger, pertencente à subfamília Proceratiinae, é descrita para a Mata Atlântica brasileira. A espécie, *Discothyrea bobi* sp. nov., é comparada com as demais espécies do Novo Mundo descritas para o gênero até o momento. Duas características morfológicas de possível importância para o gênero, a fórmula palpal e os furos antenais, são discutidas.

**Palavras-chave:** Biodiversidade. Taxonomia. Mirmecologia. Morfologia.

---

CHAUL, J. C. M., 2020. A new species of *Discothyrea* Roger (Hymenoptera: Formicidae) from the Brazilian Atlantic Rainforest. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(1): 199-217. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.266>.

Autor para correspondência: Júlio Cezar Mário Chaul. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Biologia Animal. Laboratório de Sistemática e Biologia de Coleoptera. Av. P. H. Rolfs, s/n – Campus universitário. Viçosa, MG, Brasil. CEP 36570-900 (juliochaul@gmail.com).

Recebido em 30/01/2020

Aprovado em 06/04/2020

Responsabilidade editorial: Livia Pires do Prado



## INTRODUCTION

*Discothyrea* is a charismatic genus of ants composed of tiny species living in the litter, rotten logs and soil. Observations and studies on a few species indicate the genus is a spider egg predator specialist (Brown Jr., 1979; Dejean & Dejean, 1998; Katayama, 2013). There are currently 48 extant and 2 fossil species (Hita-Garcia *et al.*, 2019a) and they are present in all biogeographic regions, although their diversity in the Nearctic and Palearctic regions is very low (Guénard *et al.*, 2017; Janicki *et al.*, 2016). The first species described for the genus is the only occurring in the Nearctic, *D. testacea* Roger, 1863. New World species described subsequently were all Neotropical and are the following: *D. neotropica* Bruch 1919; *D. horni* Menozzi, 1927; *D. denticulata* Weber, 1939; *D. humilis* Weber, 1939; *D. icta* Weber, 1939; *D. isthmica* Weber, 1940; *D. sexarticulata* Borgmeier, 1954; †*D. gigas* De Andrade, 1998 and †*D. maya* De Andrade, 1998 (from Dominican and Mexican amber inclusions, respectively); and *D. soesilae* Makhani, 2007. Therefore, New World has currently 11 described *Discothyrea*, extant or extinct.

The Afrotropical fauna has recently received a comprehensive treatment (Hita-Garcia *et al.*, 2019a) which will potentially serve as a guide for new revisions of other biogeographic regions, not only for representing an in-depth morphological exploration of the genus, but also for its effort towards a standardized terminology. A small survey made by the author in Brazilian institutions examining *Discothyrea* specimens indicates the actual number of Neotropical species might be considerably higher. In fact, *D. sexarticulata* alone might represent a complex of four or more species (personal observation).

Despite the need of a comprehensive revision of the New World *Discothyrea*, this contribution does not intend to do such thorough task. Instead, it brings the description of one species from Minas Gerais state, southeast Brazil. A discussion about palpal formula and on the antennal pits, recently reported for the related genus *Probolomyrmex* (Oliveira & Feitosa, 2019) and here shown to be also present in *Discothyrea*, is also made, as these are potentially

important characters at the genus or the subfamily rank. Finally, the importance of antennal count in *Discothyrea* taxonomy is pondered.

## MATERIAL AND METHODS

Studied specimens are deposited at the following myrmecological collections:

- Entomological Collection of the Laboratory of Systematics and Biology of Coleoptera at the *Universidade Federal de Viçosa* (CELC) in Viçosa, Minas Gerais, Brazil;
- Padre Moure Entomological Collection at the *Universidade Federal do Paraná* (DZUP), Paraná, Brazil;
- *Museu Paraense Emílio Goeldi* (MPEG), Pará, Brazil;
- *Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia* (INPA), Amazonas, Brazil;
- *Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo* (MZSP), São Paulo, Brazil;
- John Longino personal collection at the University of Utah (JTLC), Utah, USA.
- Apart from the physical specimens, specimens of various species of Proceratiinae, especially *Discothyrea*, were examined based on images available online (Antweb, 2020).

Specimens of the type series were under the morphospecies name "*Discothyrea* ufv-03" since 2015 at Antweb until now and images of one specimen was already available during this period.

Various images of specimens of other *Discothyrea* species deposited on Antweb were examined during this study. Collection data of the specimens which were physically examined were uploaded to Antweb and are the following: *D. clavicornis*: UFV-LABECOL-011157, UFV-LABECOL-011171, UFV-LABECOL-011186, UFV-LABECOL-011183, UFV-LABECOL-011021; *D. horni*: UFV-LABECOL-011185, UFV-LABECOL-009622; *D. neotropica*: UFV-LABECOL-000067, UFV-LABECOL-000068, UFV-LABECOL-008587; *D. sexarticulata*: UFV-LABECOL-000011, UFV-LABECOL-000008, UFV-

LABECOL-000052, UFV-LABECOL-000051, UFV-LABECOL-000113, UFV-LABECOL-007679, UFV-LABECOL-008543, ANTWEB1032519, ANTWEB1032520, UFV-LABECOL-000031, UFV-LABECOL-008580, UFV-LABECOL-010769, UFV-LABECOL-010770, UFV-LABECOL-010771, UFV-LABECOL-008966, ANTWEB1032527, UFV-LABECOL-008199, UFV-LABECOL-008170, UFV-LABECOL-000339, UFV-LABECOL-001876, UFV-LABECOL-011175, UFV-LABECOL-011180, UFV-LABECOL-011159, UFV-LABECOL-011179, UFV-LABECOL-011181, UFV-LABECOL-007465, UFV-LABECOL-011161, UFV-LABECOL-011169, UFV-LABECOL-011192, UFV-LABECOL-011184, UFV-LABECOL-010504, UFV-LABECOL-010841, UFV-LABECOL-010842; *Discothyrea* ufv-04: UFV-LABECOL-011174.

Disarticulated specimens have had their sclerites mounted either dry on card points or on mounted slides,

embedded in polyvinyl alcohol medium (a variation of that presented in Downs, 1943), between a pair of round, 8 mm cover slides; all sclerites maintained in the same pin, included the mounted ones. Specimens which were already dry were soften prior dissection in a 50/50 hot water ethanol solution. If the specimens were in ethanol, then they were simply dissected straight away. Dissections were made with entomological pins on a flat piece of white EVA foam with a constantly maintained thin layer of ethanol. As sclerites were dissected, they were placed on the round cover glass with a droplet of the gel. After the removal of the wanted sclerites and their positioning on the cover glass, the second cover glass was placed on top of it, heated on a slide, and then a paper card was glued on the edge of the sandwiched cover glasses (see last images of UFV-LABECOL-000032 on Antweb as an example).

Most measurements were based on Hita-Garcia *et al.* (2019a) and are listed in Table 1.

Table 1. Abbreviations of measurements. A few measurements which are not based on Hita-Garcia *et al.* (2019a) were taken and contain a brief explanation of how they were acquired.

Measurements	Descriptions
AantL	Apical antennomere length: with the scape in its dorsal view, the length of the apical flagellomere, the club
AantW	Apical antennomere width: with the scape in its dorsal view, the width of the apical flagellomere, the club
EL	Eye length (queen only)
HFL	Hind femur length
HL	Head length
HW	Head width
LT3	Length of abdominal tergite 3
LT4	Length of abdominal tergite 4
MssctmW	Mesoscutum width (queen only): maximum width of the mesoscutum in dorsal view
MssctmL	Mesoscutum length (queen only): maximum length of mesoscutum in dorsal view
MstxL	Mesothorax length (queen only): the length of entire mesothorax in dorsal view, including mesoscutum, mesoscutellum and scutoscutelear suture
PeL	Petiole length
PeW	Petiole width
PW	Pronotum width
SL	Scape length
TL	Total length, the sum of HL, WL, PeL, LT3 and LT4
WL	Weber's length



I followed Keller (2011) for terminology. I also followed all terminology propositions of Hita-Garcia *et al.* (2019a). For the dealate mesosoma description, I followed Boudinot (2015).

Stereomicroscope images were made in a Zeiss Discovery V20 Stereo. Light microscope images were made in an Olympus CX40 with a Canon 1100D camera attached. Images acquired in both the stereomicroscope and the light microscope were stacked in Zerene software and edited in Gimp 2.10.12 (Kimball & Mattis, 1996).

## RESULTS AND DISCUSSION

### TAXONOMY

*Discothyrea bobi* CHAUL, SP. NOV.  
(FIGURES 1, 2, 3 AND 5)

<http://zoobank.org/urn:lsid:zoobank.org:pub:C1CED939-6D3F-409D-86CA-1F9D6E6743E7>

#### Type Material

HOLOTYPE. Pinned worker. Brazil, MG, P. E. Serra do Brigadeiro, 1,600 m, winkler, jan. 2007 (Solar, R.) [CELC: UFV-LABECOL-000035]. PARATYPES. Five pinned workers and one pinned dealate queen with same data as holotype, except for altitude of sampling point [CELC: UFV-LABECOL-000036, queen, altitude 1,800 m; MZSP: UFV-LABECOL-000033, worker, altitude "1300-1800 m"; DZUP: UFV-LABECOL-000050, worker, altitude "1,300-1,800 m"; MPEG: UFV-LABECOL-010838, worker, altitude 1,600 m; INPA: UFV-LABECOL-000034, worker, altitude 1,500 m; JTLC: UFV-LABECOL-000114, worker].

Non-type material: one disarticulated worker, same data as holotype, except for altitude which is 1500 m [CELC: UFV-LABECOL-000032]

Note: there are no coordinates on the labels of the type series, however all were sampled in the area around

the point 20.65 S, 42.40W, with a 1 km error (collector personal communication).

#### Measurements

Holotype (UFV-LABECOL-000035, worker): HL 0.525, HW 0.43, SL 0.27, AantL 0.23, AantW 0.145, PW 0.31, WL 0.55, HFL 0.32, PeW 0.17, PeL 0.12, LT3 0.4, LT4 0.29, TL 1.885.

Paratype (UFV-LABECOL-000050, worker): HL 0.54, HW 0.54, SL 0.3, AantL 0.24, AantW 0.16 PW 0.31, WL 0.585, HFL 0.35, PeW 0.17, PeL 0.12, LT3 0.4, LT4 0.32, TL 1.965.

Paratype (UFV-LABECOL-000034, worker): HL 0.53, HW 0.44, SL 0.29, AantL 0.23, AantW 0.15, PW 0.32, WL 0.57, HFL 0.33, PeW 0.17, PeL 0.12, LT3 0.42, LT4 0.31, TL 1.95.

Paratype (UFV-LABECOL-000033, worker): HL 0.54, HW 0.44, SL 0.3, AantL 0.24, AantW 0.155, PW 0.32, WL 0.58, HFL 0.35, PeW 0.175, PeL 0.12, LT3 0.4, LT4 0.33, TL 1.97.

Paratype (UFV-LABECOL-010838, worker): HL 0.54, HW 0.44, SL 0.3, AantL 0.24, AantW 0.155, PW 0.32, WL 0.58, HFL 0.35, PeW 0.17, PeL 0.12, LT3 0.42, LT4 0.31, TL 1.97.

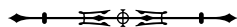
Paratype (UFV-LABECOL-000036, queen): HL 0.52, HW 0.46, SL 0.3, EL, 0.125, AantL 0.24, AantW 0.15, WL 0.66, PW 0.35, MssctmW 0.38, MssctmL 0.39, MstxL 0.54, HFL 0.36, PeW 0.19, PeL 0.13, LT3 0.48, LT4 0.33, TL 2.12.

#### Geographic range

Minas Gerais state, Brazil.

#### Diagnosis

Antennal with seven antennomeres. Head widest point posterior to its midlength. Frontal lamella in full-face view thickened. Poorly formed corners between lateral and vertexal margins of the head in full-face view. Integument only mildly sculptured, moderately shiny in some parts. Propodeal spiracle very close to metapleural gland bulla,





not protruded in dorsal view. Angle of lateral to declivous propodeal faces round. Subpetiolar process low, triangular, with a sharp anterior angle. Relatively large species.

### Description

Matching the diagnosis of the genus given in Hita-Garcia *et al.* (2019a). Worker. Head. In full-face view, head posterior margin without clear distinction of the lateral and vertexal margins, widest at two thirds of its length. Mandible masticatory margin edentate, except for the apical tooth and a subbasal denticle. Inner surface of mandible, close to the masticatory edge, with a row of thick specialized setae. Palpal formula 3,2. Basal maxillary palpomeres 1 and 2 fused, appearing as one, encrusted on apicomedial margin of stipe. Apical maxillary palpomere clavate and small. Labial basal palpomere tube-like, bent at base; labial apical palpomere inflated and covered on various fine setae (while other palpomeres are entirely or mostly glabrous). Labrum roughly rectangular, with a concave middle section of its distal margin, covered with small setae. In profile view of the head, frontal lamella a large and blunt lobe with a translucent anterior patch; in full-face view, the lamella is thickened, roughly oval. Eye small but distinct; in full face view situated anterior to midlength of head. Ommatidia difficult to count, appearing as partially fused to each other. Frontoclypeal structure strongly projected, having somewhat distinct lateral and anterior margins in full-face view; the lateral margin being oblique, and the anterior margin slightly convex. Antenna heptamerous, antennomeres 3 and 6 (flagellomere 1 and 4, respectively) having one tiny pit each, the former dorsolaterally on flagellomere and the latter ventromedially. Apical antennomere 1.3x longer than other flagellomeres and the pedicel combined. Cephalic capsule with weak sculpturing all through, except for hypostomal bridge, which is smooth. Mesosoma. In profile view, dorsum of mesosoma evenly arched, meeting the declivous margin in a round angle. In profile, declivous margin apical half flat, its basal half, the propodeal lobe, protruded, convex.

Declivous propodeal surface flat, with poorly defined corners in relation to lateral and dorsal propodeal faces. Katepisternum delimited, somewhat raised from the level of other pleural sclerites around it. Mesosoma lateral margins in dorsal view gradually tapering posteriorly. Propodeal spiracle not protruding in dorsal view; in profile view considerably large and lowered, almost touching the metapleural gland bulla. Mesonotal spiracle about as large as propodeal, entirely covered by the pronotum but clearly distinguishable for being a raised area; metanotal spiracle a minute spot on lateral mesosoma surface, closer to propodeal spiracle than to mesonotal. Anterior tibia having the calcar, mesotibia without spur, and metatibia having a single, large pectinate spur. Mesosomal sculpturing poorly developed, with dorsum of mesosoma being less sculptured than the lateral surfaces; metapleuron and particularly the katepisternum having stronger sculpturing than surrounding sclerites. Metasoma. Subpetiolar process low, developed as a translucent carina which gradually widens anteriorly where it forms well-defined angle. In profile, anterior margin of petiole sinuous, and posterior margin oblique, both meeting to form a peak which is posteriorly displaced along the length of the petiole. The posterior margin ends in a short, flat portion which is the apex of a posterior petiole ring. Petiole spiracle facing ventrally and much smaller than propodeal spiracle. Posterior petiole tube or collar very wide, having about three quarters of petiole height, discounting subpetiolar process. Anterior portion of abdominal segment III forming a concave area where presclerites sit in the middle, the area is well-delimited ventrally by an V-shaped carina (the prora) and dorsally by a non-carinated folding of the tergite. In profile view, length of poststernite III slightly greater than a third of length of posttergite III; length of poststernite IV less than a tenth of length of posttergite IV. Area of abdominal segment III (A3) in profile appearing slightly greater than that of abdominal segment IV (A4). In dorsal view, A3 width approximately 2.4x greater than petiole width. Posttergite III posteromedially having a low tumulus. In the dorsal view



of A3 and A4, A3 only slightly wider than A4 and with a mild constriction between them. Sting small, thick at base and sharp apically. Petiole more sculptured than other parts of the body. A3 smooth laterally, punctate posteromedially. A4 the shiniest sclerite on body, smooth all through. Pilosity and coloration. Body covered with small, filiform, whitish pubescence, only last abdominal segments having suberect small setae, starting on the edge of A4 but denser only on A7, especially on sternite (hypopygium). Body having light brown, ferruginous coloration, with antennae and legs being slightly lighter.

Queen (dealate). Agreeing with the description of the worker except in the following. Head with three small ocelli and large compound eyes. Minute setae in between ommatidia of compound eye. Mesosoma drastically different from workers, much larger and typical of winged queens. Dorsally, mesoscutum very large; scutoscuteellar suture poorly marked, therefore weak delimitation of mesoscutellum anteriorly and of axillae posteriorly. Propodeum in dorsal view forming two round projections posterad. In profile view, propodeum dorsal margin short and meeting the declivous margin in a round angle. Propodeum posterior surface concave in dorsal view. Oblique mesopleural suture and mesometapleural suture well-marked. Metapleuropropodeal suture absent. Metasoma larger than in workers. Subpetiolar process having a denticle anteriorly rather than merely an angle as in workers.

### Male

Unknown.

### Etymology

The species is named after ecologist, myrmecologist, and friend Ricardo Solar, also known as Bob, who has sampled the entire type series.

### Comments

With the description of *D. bobi*, extant New World species of *Discothyrea* are now ten. The variation observed in some of these species, which has been reported in Sosa-Calvo & Longino (2008), but also seen by the author (either by examining Antweb images or physical specimens), indicates that, in fact, the genus has more species to be described for the Neotropics, some of which are currently under the name of a given species (e.g. *D. sexarticulata*) and others are entirely new (*Discothyrea* ufv-04, UFV-LABECOL-011174). Therefore, identification will often be confusing and only a thorough revision can solve this problem. Considering the small amount of material available to me and the apparently unreported diversity of the genus in the New World, the building of an effective identification key for this fauna would be impossible. Moreover, the lack of images of some species (especially their types) and species described based on winged females further hamper the task of making a key. An effective key to the New World species would be the result of a much more in-depth investigation of the genus than this work represents. However, to ease identification for the time being, I highlight important traits separating *D. bobi* from each New World species as they are currently understood and presented a key to the three species occurring in the Atlantic Rainforest.

Key to the *Discothyrea* workers and queens of the Atlantic Rainforest.

- 1 In full-face view, frontal lamella thick. Propodeal spiracle distant from metapleural gland bulla by less than its own width. .... 2
- 1' In full-face view, frontal lamella thin. Propodeal spiracle distant from metapleural gland bulla by more than its own width. .... *D. sexarticulata* complex
- 2 Opaque integument. Propodeal corners well-defined ..... *D. neotropica*
- 2' Smooth integument with shiny portions, especially A4. Propodeal corners poorly marked..... *D. bobi*





Figure 1. *Discothyrea bobi*, holotype worker (UFV-LABECOL-000035, images A-E) and worker (UFV-LABECOL-000032, image F): A) head in full-face view; B) profile view of the body; C) dorsal view of the body; D) detail of antenna; E) mesosoma and petiole profile; F) anterior head profile view. Abbreviations: flm = frontal lamella; fl1-5 = flagellomeres 1 to 5; mgb = metapleural gland bulla; mssp = mesonotal spiracle; mtsp = metanotal spiracle; pe = pedicel; petsp = petiole spiracle; propsp = propodeal spiracle; sc = scape (only apical portion appearing). Scale bars are 0.1 in A, D, E and F and 0.2 in B and C.





Figure 2. *Discothyrea bobi* paratype queen (UFV-LABECOL-000036): A) head in full-face view; B) profile view of body; C) profile view of mesosoma; D) dorsal view of mesosoma. Scale bars are 0.1 mm in A, C and D and 0.2 mm in B.

Note: *D. horni* appears to be erroneously registered for the Atlantic Rainforest, state of Rio de Janeiro, in Antmaps.org (Janicki *et al.*, 2016), as it is absent in the list of sampled ants of the work shown as the source of the register in the website (Nascimento Santos *et al.*, 2019).

*D. bobi* can be differentiated from other New World species by the following traits:

- *D. testacea* Roger, 1863 (USA): nine antennomeres; integument entirely opaque; well-defined lateral and vertexal margins of the head in full-face view;

- propodeal spiracle separated from the metapleural gland bulla by more than its diameter; well-defined propodeal corners; subpetiolar process long; petiole node posterior margin in profile high (Roger, 1863);
- *D. neotropica* Bruch, 1919 (Argentina, Paraguay, and Brazil): integument entirely opaque; lateral and vertexal margins of the head in full-face view relatively well-defined, head less round (worker) (see additional information on the putative close relationship between *D. neotropica* and *D. bobi* and comments on biogeography below) (Bruch, 1919);
- *D. horni* Menozzi, 1927 (Central America and northern South America): nine or eight antennal segments; integument entirely opaque; well-defined propodeal corners (Menozzi, 1927);
- *D. denticulata* Weber, 1939 (Central America and South America): eight or seven antennal segments; frontal lamella with a distinct tooth; propodeal spiracle separated from the metapleural gland bulla by more than its diameter; propodeal spiracle in dorsal view protruded; subpetiolar process long (Weber, 1939);
- *D. soesilae* Makhani, 2007 (Suriname): appears to have a pointy triangular frontal lamella (see comments below on identification of this species);
- *D. humilis* Weber, 1939 (Central America, northern South America, Lesser Antilles): well-defined propodeal corners; posterior margin of petiole node in profile high (Weber, 1939);
- *D. icta* Weber, 1939 (Trinidad, only queen known): projecting propodeal corners; petiole sternite process long; overall smaller (Weber, 1939);
- *D. isthmica* Weber, 1940 (Central America and northern South America): nine antennal segments; overall smaller (Weber, 1940);
- *D. sexarticulata* Borgmeier, 1954 (across most South America and Central America, probably a complex of various species): six antennal segments; integument entirely opaque, densely sculptured; propodeal spiracle separated from the metapleural gland bulla

by more than its diameter; subpetiolar process long (Borgmeier, 1954).

*D. bobi* is most similar to *D. neotropica*, a species described based on a dealate queen from Argentina. Important traits they share are: a 3, 2 palpal formula; the subrectangular frontoclypeal structure (as opposed to semicircular); a thickened frontal lamella in full-face view; the propodeal spiracle very close to the metapleural gland bulla; the overall shape of the petiole, without a long subpetiolar process. There are imaged records of workers of *D. neotropica* from southern Paraguay (Itapúa, CASENT0281861) and southern and southeastern Brazil (Santa Catarina and Espírito Santo: FMNHINS0000050586, UFV-LABECOL-000067, UFV-LABECOL-008587) and these likely represent *D. neotropica* itself. Records from northern Atlantic Forest and the Amazon should be re-evaluated as these registers could either be of *D. neotropica*, or *D. bobi* which were previously identified as *D. neotropica*. All records from Argentina, including the type locality, are from queens (Bruch, 1919; Sosa-Calvo & Longino, 2008; Arcusa & Cicchino, 2017). The queen caste of *D. neotropica* appears to be larger than *D. bobi* and having an opaque integument, as opposed to a weak sculptured and partially polished, as seen in *D. bobi*. There are no images of the type of *D. neotropica* except for Bruch's original drawings. Arcusa & Cicchino (2017) photographed the queen they reported for Buenos Aires province, but the images are unsatisfactory to be compared to *D. bobi* queen and do not reveal further differences other than size and sculpturing. *D. neotropica* differs from *D. bobi* by having the integument entirely opaque; the lateral and vertexal margins of the head in full-face view being relatively well-defined (head appearing less round than in *D. bobi*); angle between propodeal dorsal and declivous margins in profile more defined; denser pubescence on body (Figure 4). Besides of those differences, the following minor differences (Figure 5) must be of importance to separate both species, although needs further confirmation in specimens of *D. neotropica* to verify for intraspecific variation: in dorsal view, posterior end of frontal lamella at about the same level of posteriormost point of the toruli as opposed to



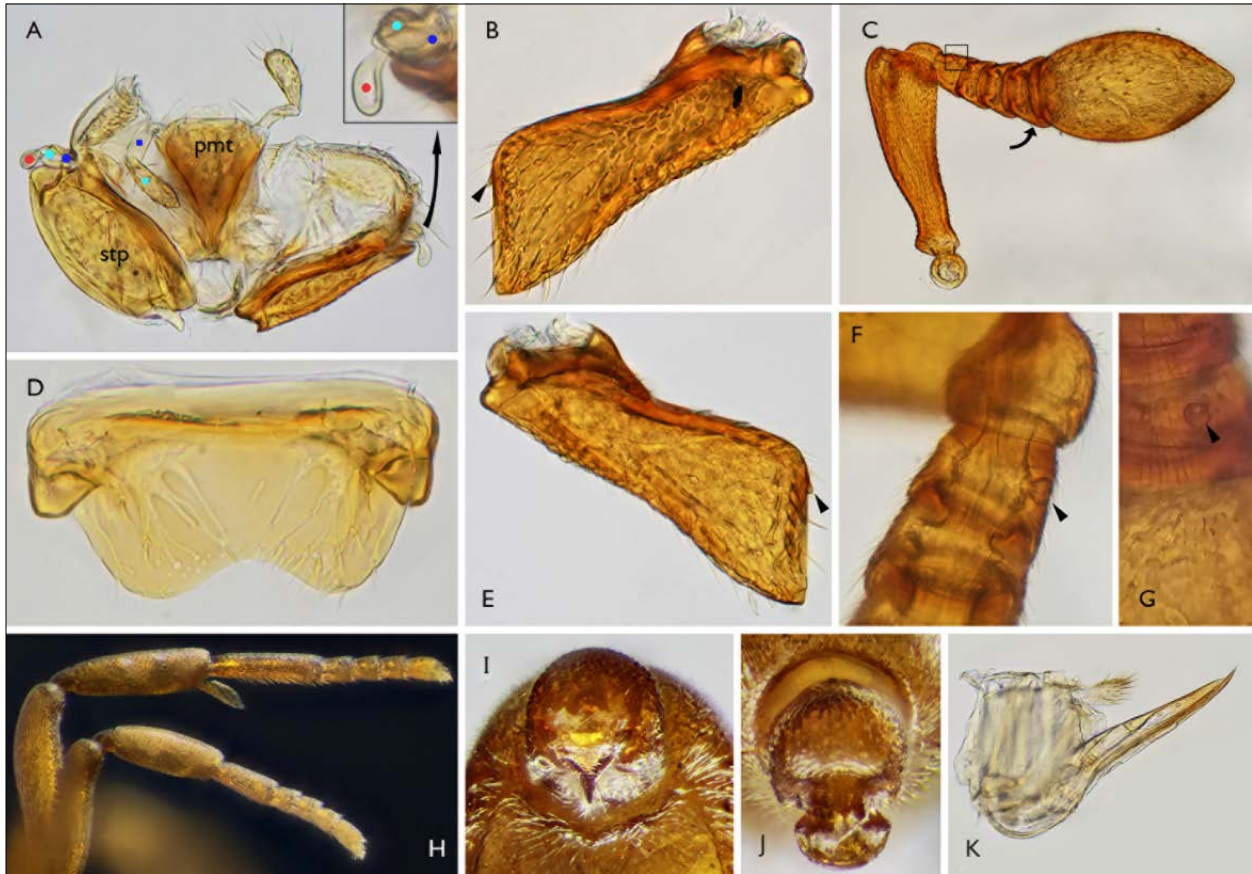


Figure 3. Body parts of dissected specimens of *D. bobi*: A) labiomaxillary complex, right corner having a zoomed, ventral view of left maxillary palps; B and E) dorsal and ventral views of left mandible, respectively, arrowheads evidencing subbasal denticle; C, F, and G) C is the dorsal view of the antenna with regions of the first and penultimate flagellomeres indicated, the square in C is the region zoomed in F, the curved seta in C indicates the ventral region seen in detail in G, arrowheads indicate the pits in F and G; D) labrum; H) mid and hind legs, showing spur present on the latter and absent on the former; I and J) anteroventral and anterodorsal views, respectively, of anterior abdominal III region (petiole still attached), evidencing the shape of the prora in I and the dorsal strong folding of the tergite in J; K) sting apparatus. Abbreviations: pmt = prementum; stp = stipe. Colored circles and squares in A represent palpomeres, see explanation in Figure 6.

surpassing this level as in *D. bobi*; smaller eyes (Figures 5A and 5B); frontal lamella in profile view having different shape than in *D. bobi*, the latter having a deeper notch anteriorly in the lamella (Figures 5E and 5F); propodeal spiracle less developed than in *D. bobi* (Figures 5C and 5D); petiole spiracle laterally rather than ventrolaterally oriented; shape of subpetiolar process differing, in *D. neotropica* being round anteriorly (Figures 5G and 5H); abdominal segment IV in profile appearing relatively more developed in *D. neotropica* (Figures 4B and 1B), except for *D. neotropica* specimen UFV-LABECOL-008587. Moreover, total length of the

body usually smaller than in *D. bobi* (although the reverse appears to be the case between the queen caste). Careful should be taken as many measurements were acquired from images or, in the case of the Argentinian queens, from specimens not correctly positioned.

Sosa-Calvo & Longino (2008) reported a *D. nr. neotropica* from Colombia and Venezuela with nine antennal segments. Specimen CASENT0178698, which has an apparent antennomere count of eight and is currently identified as *D. horni*, also appears to be a related species of *D. neotropica* and *D. bobi*.



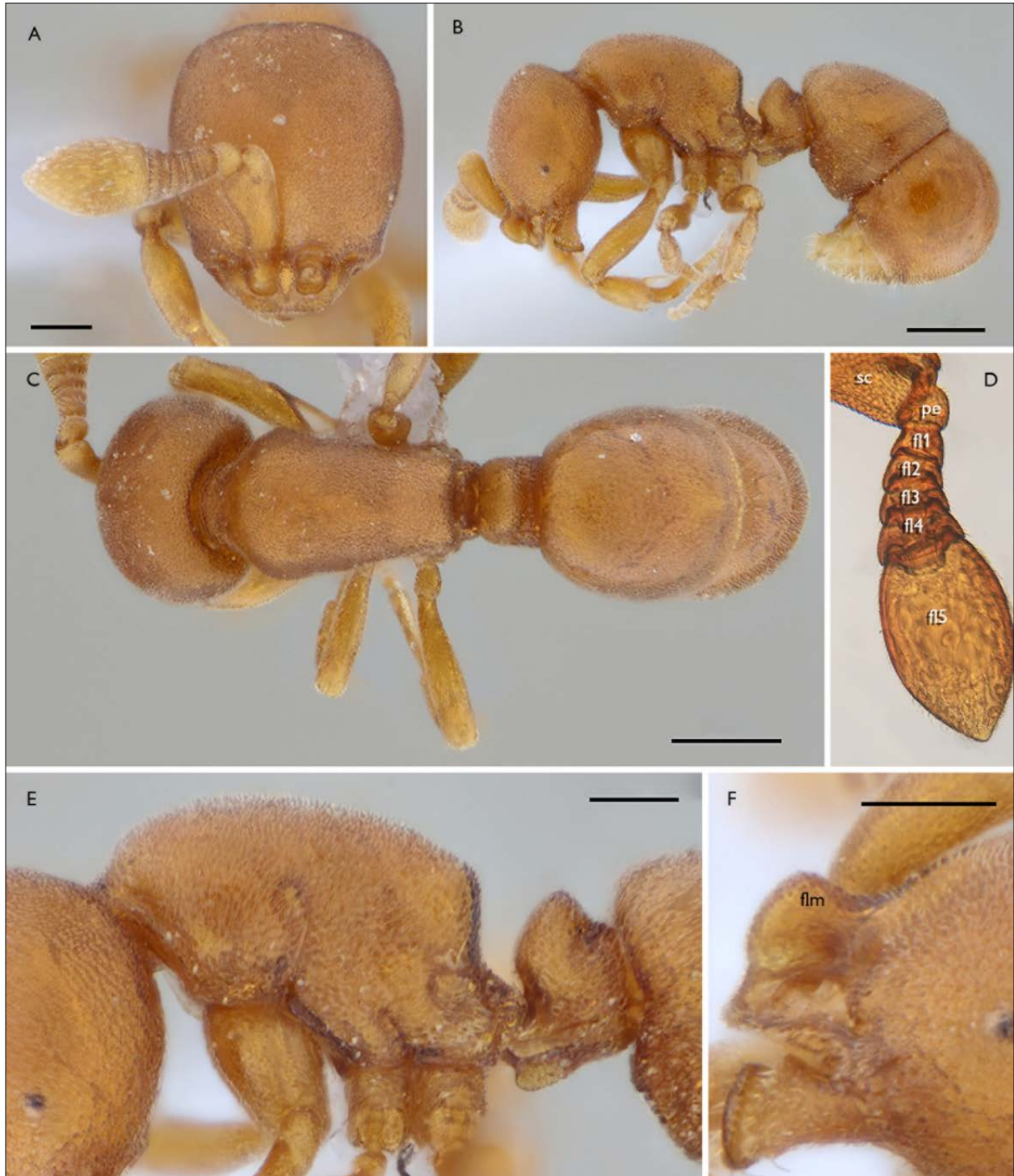


Figure 4. *Discothyrea neotropica*, worker (UFV-LABECOL-000067): A) head in full-face view; B) profile view of the body; C) dorsal view of the body; D) detail of antenna; E) mesosoma and petiole profile; F) anterior head profile view. Abbreviations as in Figure 1. Scale bars are 0.1 mm in A, E and F and 0.2 mm in B and C.



Figure 5. Comparison between some sclerites of the workers of *D. bobi* (A, C, E, G) and *D. neotropica* (B, D, F, H): A and B) half of the head capsule in full face view; C and D) mesosoma in profile; E and F) anterior head in profile evidencing frontal lamella; G and H) petiole in lateral view. Scale bar 0.1 mm, for all images. Arrowheads indicate important features (see in text).

The description of *D. soesilae* Makhan is unsatisfactory and proper images and a redescription are necessary. The species appears to have a seven segmented antennae (Figure 3, right antennae, Makhan, 2007) as some Neotropical species including *D. bobi*. The frontal lamella though, appears to be thin and with at least some kind of sharp projection (Figures 2 and 3, Makhan, 2007), which would differentiate it from *D. bobi*. Additionally, its type locality, Suriname, also favors the interpretation it must

not be conspecific to *D. bobi*, as species occurring in both the Atlantic Forest and Amazonian (e.g. *D. sexarticulata*, *D. neotropica*) may well be different species within a species complex, as already mentioned.

The fossil †*D. gigas* De Andrade, 1998 and †*D. maya* De Andrade, 1998 are unlikely closely related to *D. bobi* considering the geographical and temporal gap between them (De Andrade, 1998). †*D. maya* cannot be compared to any Neotropical species at the moment since it was

described based on a male from Mexican amber and the males of Neotropical extant *Discothyrea* are poorly known and have not been associated to the females. It will take time until male specimens of extant species accumulate and are properly matched to their females in a way to allow phylogenetic proximity between living lineages and *fD. maya* to be deduced. *fD. gigas*, considered the largest Neotropical species, is not, in fact, much larger than than *D. bobi*. *fD. gigas* can be separated from *D. bobi* by its antennal count of nine.

Finally, an ecological/geographic fact reinforces the argument for the isolation of *D. bobi* as a species. The type locality is a mountain range in southeastern Brazil, the Serra do Brigadeiro, located 40 km from the Viçosa municipality. The latter has a well-known ant fauna due to continuous sampling efforts in the past 25 years, while the former has been only occasionally explored. Nevertheless, the forests of Serra do Brigadeiro have yielded curious species and morphospecies never found in the region of Viçosa. Some of these represent new species awaiting formal description (e.g. morphospecies in the *louisianae* group of *Strumigenys* or in the group of *Brachymyrmex* with tumuliform metathoracic spiracles). *D. bobi* type series was sampled in between 1300 and 1800 meters. It has never been sampled in Viçosa (average height 700 m). It is a possibility that the mountains of Serra do Brigadeiro, still poorly explored myrmecologically, might be driving speciation of various lineages in the Atlantic Forest. Indeed, a pattern of geographically restricted species on montane regions in the Afrotropical fauna was recently discovered (Hita-Garcia *et al.*, 2019a).

## MORPHOLOGICAL CONSIDERATIONS

The examination of various specimens, images, texts and even the 3D models of specimens, which luckily are plenty for *Discothyrea* (Hita-Garcia *et al.*, 2019a), made apparent a couple of morphological features which are worth mentioning and might be of importance for future studies on the genus and the subfamily. They are the palpal

formula variation and the presence of antennal pits and are discussed below. I also briefly comment on the use of antennomere count in *Discothyrea*.

## ANTENNOMERE COUNT

Various authors have questioned the validity of the antennal count as a useful feature in *Discothyrea* taxonomy (Brown Jr., 1958; Sosa-Calvo & Longino, 2008; Hita-Garcia *et al.*, 2019a). Hita-Garcia *et al.* (2019a) demonstrated that apparent antennal count, the count made by external examination, may differ from the true antennal count, obtained through dissection (virtual or physical). Due to the difficulties in establishing the true antennal count, the authors recommend it to be avoided in the identification of species (its use in keys or diagnosis). In this work, I used a high-resolution stereomicroscope (160 x magnification) to count antennomeres in dry, pinned specimens, but also chose a small subset of specimens and made dissections of the antennae and mouthparts to be examined on slides under the light microscope. Most of the times, the count I made on the slide matched that previously made on the stereomicroscope. Among the specimens available to me, the sole exception was a specimen which had an apparent antennal count of six, but a true antennomere count of eight. This specimen (UFV-LABECOL-010504) is identified as *D. sexarticulata*, but it might well belong to *D. denticulata* or other species. The differences in the count and/or in the shape of the antennal segments within a species should be seen with skepticism, since species in the New World appear to be poorly defined, and what is called intraspecific variation might well represent differences between closely related species, which are not currently recognized as such. The 3D models generated from micro-CT scans (Hita-Garcia *et al.*, 2019a) are probably the most accurate we can currently get in order to ascertain the true antennal count, however the equipment to generate those models is expensive, not available to most laboratories working on ant identification or ant taxonomy. On the other hand, light microscopes



are often available and the preparation of slides, as those made in this study (e.g. UFV-LABECOL-010504, UFV-LABECOL-010841, UFV-LABECOL-010842), are a simple, relatively fast, and cheap technique.

I agree with Hita-Garcia *et al.* (2019a) in that the dissections are necessary to establish the true antennal count. Contrary to those authors, however, I encourage the preparation of slides in an attempt to further verify whether the count is indeed misleading in the identification process. If the true count, based on dissected specimens, is available for all species (including many populations within a species) then, we will be able to better understand the importance of the character. Such a state of knowledge will be much easily achieved if not only taxonomists working on *Discothyrea* are extracting this data, but also other myrmecologists (e.g. ecologists, ethologists) which by any means are studying species or populations of the genus and need identifications. In the same manner, I strongly encourage that palpal formula, discussed below, deserves more attention, as it varies a lot within the genus, and to score it for each species might help in better understand species limits or in the delimitation of species groups within the genus. In fact, the dissection of one antenna, the labiomaxillary complex, and one mandible, showed to be ideal to get a complete sense of the morphology of any given *Discothyrea* specimen (e.g. UFV-LABECOL-010842).

#### PALPAL FORMULA

Determining the palpal count of *Discothyrea* is challenging. The very small size of these ants make it almost impossible to be count *in situ*. Fortunately, dissected mouthparts prepared on slides can be clearly seen under light microscopes in 200x or 400x magnification. The fused zigzag maxillary palpomeres 1 and 2, a synapomorphy of *Discothyrea* (Keller, 2011), can be interpreted in SEM images, however are hardly revealed by light microscopy. They are seen as one palpomere encrusted on the apicomedial margin of the stipe. Despite that, this “first” maxillary palpomere, as

seen in light microscopy, do look strange, sometimes square-shaped, sometimes bent. I followed Keller and considered this palpomere as number 1 and 2 in the counts here presented, therefore *D. bobi* palpal formula is 3,2 and not 2,2 as the observer is inclined to interpret (Figure 3A). Hita-Garcia *et al.* (2019a) called attention to the fact that the variation in the palpal formula showed in Sosa-Calvo & Longino (2008) could be due to a counting error and not true variation within the genus. The latter authors mention the Neotropical species can have 5,4; 4,4; 4,3; 3,4; or 1,3 palpal formula, with *D. sexarticulata* having the formula 1,3 (Borgmeier, 1954). At least in the case of *D. sexarticulata*, a species I was able to dissect specimens from three very different localities, I agree in that the palpal formula was wrongly interpreted.

Processes of reduction and loss of palpomeres appear to have happened in *Discothyrea* lineages, with some having a palpal count of 6,4, as in *D. oculata* and in *D. clavicornis* (Figures 6A-6C, with *D. clavicornis* showing strong reduction in the apical maxillary and labial palpomeres), while other lineages presenting various counts (Figures 3A and 6D-6F and Table 2). In the former type, the first and second maxillary palpomeres are fused in a zigzag arrangement and the ones apical to them are the “free” palpomeres, not tightly attached to apicomedial margin of stipe as the first two, and completely exposed when the labrum is closed. The labial palpomeres are composed of a tube-like basal palpomere which is bent at base, glabrous and covered by the labrum when the latter is closed. The bent allows it to lay tightly on the prementum. The palpomeres apicad this first one, which might be up to three, are covered on fine setae and are not concealed when the labrum is closed; various reductions were observed in these (Table 2). In the Neotropical species examined, the palpal formula was always very low, either 3,2 in *D. bobi* and *D. neotropica* or 2,2 in *D. horni* and *D. sexarticulata*.

Accordingly, the palpal formula seen in Borgmeier's drawings should be 2,2 and not 1, 3 as reported. The maxillary palpomere interpreted by Borgmeier as one

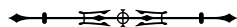


Table 2. Palpal formula of various species of *Discothyrea*. Abbreviations: PMX = maxillary palpomere; PLB = labial palpomere; BR = biogeographical region (AUS = Australasian; NEO = Neotropical; NEA = Nearctic; AFR = Afrotropical; ORI = Oriental-Indomalayan; PAL = Palearctic; PAC = Pacific). Asterisks mean guessed values, prone to error (see text for explanation). Numbers over species' names: 1 = actual specimen was examined; 2 = based on images from Antweb; 3 = based on SEM images from Antweb; 4 = based on 3D models from the Arilab available at Sketchfab.

Species	PMX	PLB	BR	Species	PMX	PLB	BR
<i>D. bobi</i> <sup>1</sup>	3	2	NEO	<i>D. patrizii</i> <sup>4</sup>	3*	3 or 4*	AFR
<i>D. neotropica</i> <sup>1</sup>	3	2	NEO	<i>D. aisnetu</i> <sup>4</sup>	3*	3*	AFR
<i>D. sexarticulata</i> <sup>1</sup>	2	2	NEO	<i>D. athene</i> <sup>4</sup>	3*	3*	AFR
<i>D. horni</i> <sup>1</sup>	2	2	NEO	<i>D. gaia</i> <sup>4</sup>		3 or 4*	AFR
<i>D. testacea</i> <sup>3</sup>	2*	2*	NEA	<i>D. gryphon</i> <sup>4</sup>	2*	2*	AFR
<i>D. clavicornis</i> <sup>1</sup>	6	4	AUS	<i>D. michelae</i> <sup>4</sup>	3*	3*	AFR
<i>D. kamiteta</i> <sup>4</sup>	6*	4*	PAL	<i>D. wakanda</i> <sup>4</sup>	3*	2*	AFR
<i>D. banna</i> <sup>4</sup>	6*	4*	ORI	<i>D. kalypto</i> <sup>4</sup>	3 or 4*	3*	AFR
<i>D. diana</i> <sup>4</sup>	6*	4*	ORI	<i>D. dryad</i> <sup>4</sup>	3*	2*	AFR
<i>D. mixta</i> <sup>4</sup>	6*	4*	AFR	<i>D. penthos</i> <sup>4</sup>	3*	3*	AFR
<i>D. oculata</i> <sup>3</sup>	6	4	AFR	<i>D. poweri</i> <sup>4</sup>	5 or 6*	3 or 4*	AFR
<i>D. damato</i> <sup>4</sup>	3*	2*	AFR	<i>D. SM01</i> <sup>4</sup>	3*	3*	PAC
<i>D. patrizii</i> <sup>4</sup>	3*	3 or 4*	AFR				

(his figure 1.9), should be interpreted as the fused, zigzag 1+2 palpomeres, therefore making the maxillary count to be two. As for the labial palpomeres, Borgmeier considered them to be three. I suspect Borgmeier wrongly scored the posterolateral prementum projection as a tiny palpomere. In his interpretation, the second labial palpomere is the one which is tube-like. In all specimens I examined the tube-like palpomere was the basal and in Keller's image of *D. oculata* (ANTWEB1008518), this is clearly the case. So, Borgmeier's figure 1.8 can be interpreted as depicting two and not three labial palpomeres, the basal being the cylindrical palpomere, typical of all *Discothyrea*, the apical being the swollen exposed (when labrum is closed) palpomere (Figure 6F).

Dissected specimens, SEM images on Antweb, and 3D models of microCT scans allowed palpal counts of many *Discothyrea* to be ascertained or at least guessed. In all 3D models, most of Afrotropical species, the palps could be seen, however, as most specimens have a closed mouthparts and the technique does not precisely reveal the palpomeres (constrictions between the palpomeres

are not always clear), the palpal formula in these were never surely scored.

#### ANTENNAL PITS IN *DISCOTHYREA* AND OTHER PROCERATIINAE

Antennal pits have been reported for *Probolomyrmex* (Oliveira & Feitosa, 2019). During this study, as I examined various specimens and images to compare them against *D. bobi*, the same structure appeared to be present in *Discothyrea*, although apparently slightly larger and less numerous than in *Probolomyrmex*. At first, only a pit on the dorsolateral surface of the first flagellomere (third antennomere, Figure 3F) was noticed. The pit is not easily seen under the stereomicroscope, but can be confidently confirmed in mounted antennae under the light microscope (or in SEM, as in Oliveira & Feitosa, 2019, or, for example, in the *D. testacea* specimen ANTWEB1008519). It appears to be the opening of a channel, since a tube-like structure can sometimes be seen by transparency connecting it to the main internal

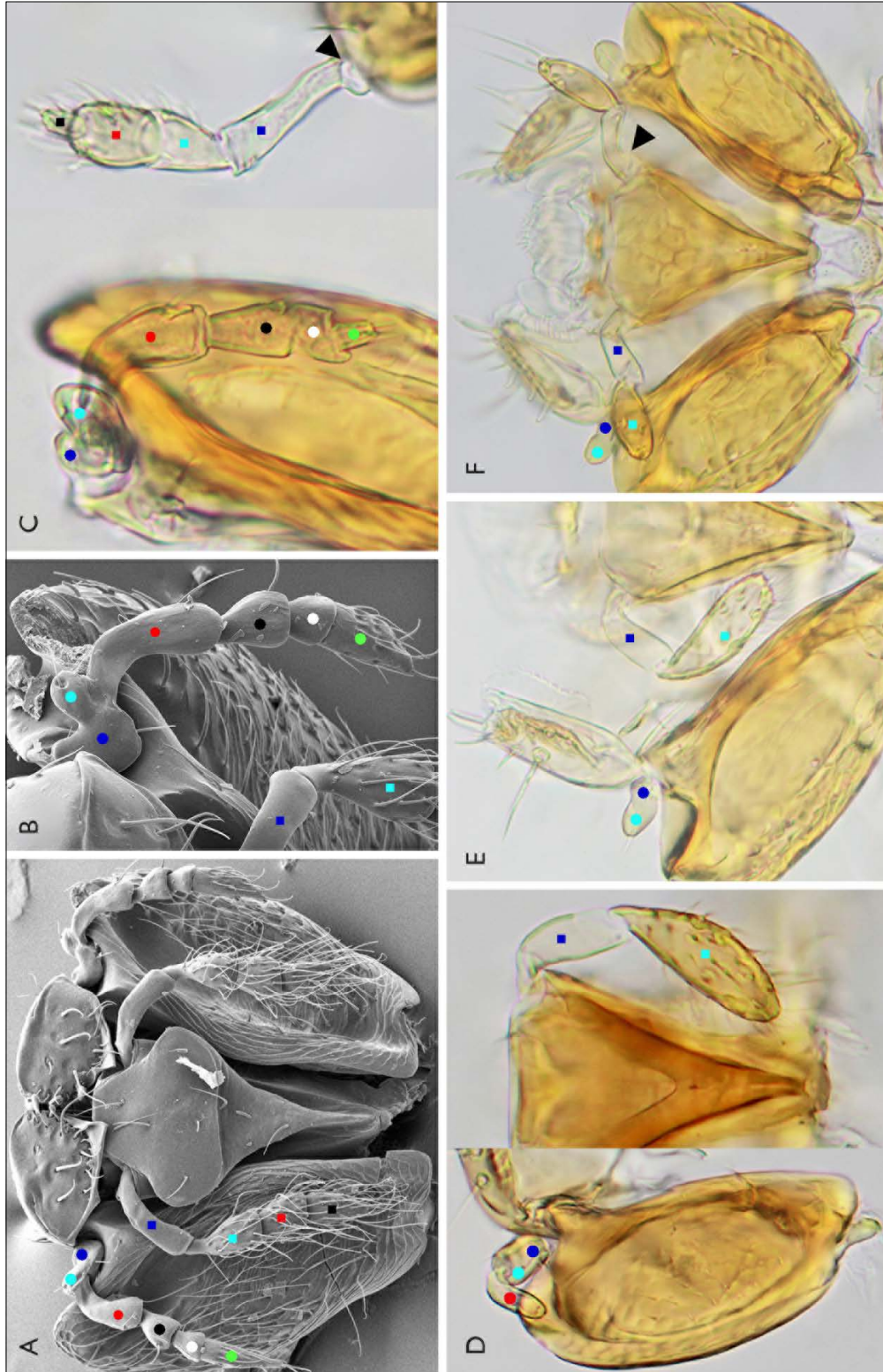


Figure 6. Labiomaxillary complexes of some *Discothyrea*: A-B) SEM images of *D. oculata* labiomaxillary complex (ANTWEB1008518, available at Antweb, images by Roberto Keller); C) *D. clavicornis* (UFV-LABECOL-011021), also showing a 6, 4 palpal formula; D) *D. neotropica* (UFV-LABECOL-000067) with a 3, 2 palpal formula; E) *D. horri* (UFV-LABECOL-009622), 2, 2 palpal formula; F) *D. sextarticulata* (UFV-LABECOL-010770), 2, 2 palpal formula. Circles and squares represent the maxillary and labial palpomeres, respectively. Dark blue is the first palpomere; light blue is the second; red is the third; black is the fourth; white is the fifth; and green is the sixth. Arrowheads in C and F indicate basal bent of first palpomere (not a division between two palpomeres).





chamber of the flagellomere. The structure can be seen in Sosa-Calvo & Longino (2008, figures 4a and 4c), although there is no mention about it in the text. Interestingly, the 3D surface models of *Discothyrea*, recently published for Afrotropical species (Hita-Garcia *et al.*, 2019a, 2019b, also available at OIST-Economolab, s. d.a), reveal the pits very clearly in all species, either on the same flagellomere and same position or on different flagellomeres and in different positions. Indeed, after finding additional pits in the 3D models, I reexamined the Neotropical specimens paying special attention to the ventral and medial surfaces of the antenna. The pit on the penultimate flagellomere was also confirmed in all Neotropical species (Figure 3G). One common pattern among some Afrotropical species is the combination of one pit on the lateral penultimate flagellomere and one pit on the lateral antepenultimate flagellomere (Figures 7E and 7F). Another pattern is the already mentioned combination of one dorsolateral pit on the first flagellomere and one ventromedial pit on the penultimate flagellomere, this one being the most common pattern, present in all Neotropical and in most Afrotropical species examined (Figures 7A-7D). Other combinations were seen, but were uncommon (Table 3). One 3D model of a *Proceratium* head capsule (available at OIST-Economolab, s. d.b) also show pits

laterally on the first to fourth flagellomeres, one on each. I examined in the stereomicroscope a few specimens of two Neotropical species, *Proceratium* sp. (*micrommatum* group) and *P. brasiliense*, as well as various images on Antweb and could not find pits. Apart from the pits, some specimens of *Discothyrea* possessed a peculiar hardened substance, probably a secretion, which was recurrently seen ventrally in between the last and penultimate flagellomeres. By judging from a few specimens which have the substance in less quantity so that it does not block a lot of the ventral view of the flagellomeres, it seems more probable it leaks from the division between the apical and the penultimate flagellomeres, rather than from the antennal pits. The presence of this substance was also scored (Table 3, Figure 7D, blue arrowhead, can be also seen in specimens CASENT0281862 and CASENT0374613, on Antweb, for example). The presence of the pits in various *Discothyrea* species from different biogeographic region, in one *Proceratium*, as well as in various *Probolomyrmex* species, as firstly reported, indicates the antennal pit is, at least, a Proceratiinae trait and it remains to be determined if the structure is absent outside that subfamily. The antennal pits occurrence and their pattern on the flagellomeres might be of phylogenetic importance.

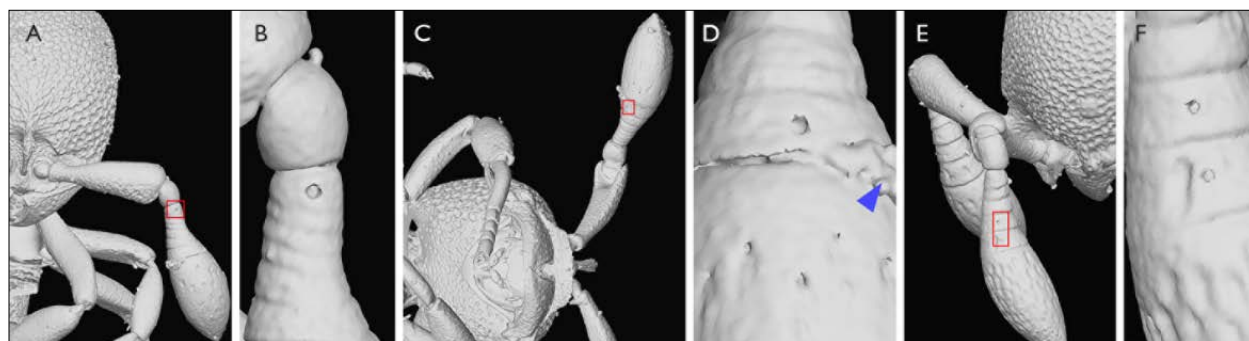


Figure 7. Antennal pits revealed in 3D models of some Afrotropical *Discothyrea*: A and B) *D. michelae*, dorsal view of the antenna and zoom in first flagellomere; C and D) *D. michelae*, ventral view of the antenna and zoom in penultimate flagellomere; E and F) *D. gaia*, lateral view of the antenna and zoom in penultimate and antepenultimate flagellomeres. Zoomed areas of B, D and F highlighted in A, C and E by red squares. The 3D models of the species are available at the Dryad Digital Repository (Hita-Garcia *et al.*, 2019a, 2019b), and are also available at the Sketchfab page of the the Economo Lab, from the Okinawa Institute of Science and Technology (OIST-Economolab, s. d.a).

Table 3. Antennal pits in *Discothyrea* species. Abbreviations as follows: A = pit laterally or dorsolaterally on first flagellomere; B = pit ventromedially on penultimate flagellomere; C = pit laterally on antepenultimate flagellomere; D = pit laterally on penultimate flagellomere; E = other pattern of pits; F = secretion (normally ventrally between last and penultimate flagellomeres); BR = biogeographical region (AUS = Australasian; NEO = Neotropical; NEA = Nearctic; AFR = Afrotropical; ORI = Oriental-Indomalayan; PAL = Palearctic; PAC = Pacific). Number over species' names as explained in Table 2. Unchecked boxes must be seen with caution, especially for the specimens not physically examined, as they do not necessarily mean absence.

Species	A	B	C	D	E	F	BR	Species	A	B	C	D	E	F	BR
<i>D. bobi</i> <sup>1</sup>	x	x					NEO	<i>D. aisnetu</i> <sup>4</sup>			x	x			AFR
<i>D. neotropica</i> <sup>1</sup>	x	x					NEO	<i>D. athene</i> <sup>4</sup>			x	x			AFR
<i>D. sexarticulata</i> <sup>1</sup>	x	x				x	NEO	<i>D. maia</i> <sup>4</sup>	x	x					AFR
<i>D. pe01</i> <sup>2</sup>	x					x	NEO	<i>D. gryphon</i> <sup>4</sup>	x	x					AFR
<i>D. testacea</i> <sup>3</sup>	x						NEA	<i>D. schulzei</i> <sup>4</sup>	x	x					AFR
<i>D. clavicornis</i> <sup>1</sup>	x	x					AUS	<i>D. michelae</i> <sup>4</sup>	x	x				x	AFR
<i>D. kamiteta</i> <sup>4</sup>	x				x		PAL	<i>D. wakanda</i> <sup>4</sup>	x	x					AFR
<i>D. banna</i> <sup>4</sup>	x	x				x	ORI	<i>D. kalypso</i> <sup>4</sup>	x	x					AFR
<i>D. diana</i> <sup>4</sup>	x	x			x		ORI	<i>D. hawkesi</i> <sup>4</sup>	x	x					AFR
<i>D. mixta</i> <sup>4</sup>	x	x					AFR	<i>D. dryad</i> <sup>4</sup>	x						AFR
<i>D. oculata</i> <sup>3</sup>	x						AFR	<i>D. penthos</i> <sup>4</sup>	x	x					AFR
<i>D. damato</i> <sup>4</sup>	x	x					AFR	<i>D. venus</i> <sup>4</sup>	x	x					AFR
<i>D. traegaordhi</i> <sup>4</sup>			x	x	x		AFR	<i>D. poweri</i> <sup>4</sup>					x		AFR
<i>D. patrizii</i> <sup>4</sup>			x	x			AFR	<i>D. SM01</i> <sup>4</sup>	x	x				x	PAC
<i>D. gaia</i> <sup>4</sup>			x	x			AFR								

## ACKNOWLEDGMENTS

I would like to thank Itanna Fernandes and Márcio Oliveira which loaned me Amazonian *Discothyrea* from INPA's collection which improved this study. Also, Antweb's database and image bank have provided enormous help during this work, so I want to acknowledge Brian Fisher, the Antweb team, and its contributors. I also thank two anonymous reviewers whose suggestions greatly improved the quality of the manuscript. Brazilian agencies *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (CNPq) and *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior* (CAPES) have funded the author.

## REFERENCES

ANTWEB, 2020. Version 8.14.2. California Academy of Science. Available from: <https://www.antweb.org>. Accessed in: March 7, 2020.

ARCUSA, J. M. & C. CICCHINO, 2017. New locality record of *Discothyrea neotropica* (Bruch, 1919) (Hymenoptera, Formicidae) for Argentina and remarks on its distribution. **Check List** 13(5): 635-638. DOI: <https://doi.org/10.15560/13.5.635>.

BORGMEIER, T., 1954. Uma nova *Discothyrea* com seis artículos antenais (Hymenoptera, Formicidae). **Revista Brasileira de Entomologia** 1: 191-194.

BOUDINOT, B. E., 2015. Contributions to the knowledge of Formicidae (Hymenoptera, Aculeata): a new diagnosis of the family, the first global male-based key to subfamilies, and a treatment of early branching lineages. **European Journal of Taxonomy** (120): 1-62.

BROWN JR., W. L., 1958. Contributions toward a reclassification of the Formicidae. II. Tribe Ectatommini (Hymenoptera). **Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College** 118: 173-362.

BROWN JR., W. L., 1979. A remarkable new species of *Proceratium*, with dietary and other notes on the genus (Hymenoptera: Formicidae). **Psyche** 86: 337-346. DOI: <https://doi.org/10.1155/1979/78461>.

BRUCH, C., 1919. Descripción de una curiosa ponerina de Córdoba *Discothyrea neotropica* n. sp. **Physis (Buenos Aires)** 4: 400-402.



- DE ANDRADE, M. L., 1998. First fossil records of the ant genus *Discothyrea* in Dominican and Mexican amber (Hymenoptera, Formicidae). **Fragmenta Entomologica** 30(1): 210-214.
- DEJEAN, A. & A. DEJEAN, 1998. How a ponerine ant acquired the most evolved mode of colony foundation. **Insectes Sociaux** 45: 343-346. DOI: <https://doi.org/10.1007/s000400050093>.
- DOWNS, W. G., 1943. Polyvinyl alcohol: a medium for mounting and clearing biological specimens. **Science** 97(2528): 539-540. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.97.2528.539>.
- GUÉNARD, B., M. WEISER, K. GOMEZ, N. NARULA & E. P. ECONOMO, 2017. The Global Ant Biodiversity Informatics (GABI) database: a synthesis of ant species geographic distributions. **Myrmecological News** 24: 83-89. DOI: [https://doi.org/10.25849/myrmecol.news\\_024:083](https://doi.org/10.25849/myrmecol.news_024:083).
- HITA-GARCIA, F, Z. LIEBERMAN, T. L. AUDISIO, C. T. L. LIU & E. P. ECONOMO, 2019a. Revision of the highly specialized ant genus *Discothyrea* (Hymenoptera: Formicidae) in the Afrotropics with X-ray microtomography and 3D cybertaxonomy. **Insect Systematics and Diversity** 3(6): 1-84. DOI: <https://doi.org/10.1093/isd/ixz015>.
- HITA-GARCIA, F, Z. LIEBERMAN, C. LIU & E. P. ECONOMO, 2019b. Data from: Revision of the highly specialized ant genus *Discothyrea* (Hymenoptera: Formicidae) in the Afrotropics with x-ray microtomography and 3D cybertaxonomy. **Dryad** 2. DOI: <https://doi.org/10.5061/dryad.3qm4183>.
- JANICKI, J., N. NARULA, M. ZIEGLER, B. GUÉNARD & E. P. ECONOMO, 2016. Visualizing and interacting with large-volume biodiversity data using client-server web-mapping applications: the design and implementation of antmaps.org. **Ecological Informatics** 32: 185-193. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2016.02.006>.
- KATAYAMA, M., 2013. Predatory behaviours of *Discothyrea kamiteta* (Proceratiinae) on spider eggs. **Asian Myrmecology** 5: 121-124.
- KELLER, R. A., 2011. A phylogenetic analysis of ant morphology (Hymenoptera: Formicidae) with special reference to the poneromorph subfamilies. **Bulletin of the American Museum of Natural History** 355: 1-90. DOI: <https://doi.org/10.1206/355.1>.
- KIMBALL, S. & P. MATTIS, 1996. **GIMP – The GNU Image Manipulation Program**. Available from: <https://www.gimp.org/>. Accessed in: March 7, 2020.
- MAKHAN, D., 2007. *Discothyrea soesilae* sp. nov. from Suriname (Hymenoptera: Formicidae). **Calodema** (27): 1-3.
- MENOZZI, C., 1927. Formiche raccolte dal Sig. H. Schmidt nei dintorni di San José di Costa Rica. **Entomologische Mitteilungen** 16: 266-277. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.25833>.
- NASCIMENTO SANTOS, M., J. H. C. DELABIE & J. M. QUEIROZ, 2019. Biodiversity conservation in urban parks: a study of ground-dwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) in Rio de Janeiro City. **Urban Ecosystems** 22: 927-942. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11252-019-00872-8>.
- OIST-ECONOMOLAB, [s. d.a]. **Discothyrea 3D Models**. Available from: <https://sketchfab.com/ariilab/collections/discothyrea>. Accessed in: March 7, 2020.
- OIST-ECONOMOLAB, [s. d.b]. **Insect heads 3D Models**. Available from: <https://sketchfab.com/ariilab/collections/insect-heads>. Accessed in: March 7, 2020.
- OLIVEIRA, A. M. & R. M. FEITOSA, 2019. Taxonomic revision of the genus *Probolomyrmex* Mayr, 1901 (Hymenoptera: Formicidae: Proceratiinae) for the Neotropical Region. **Zootaxa** 4614(1): 61-94. DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4614.1.3>.
- ROGER, J., 1863. Die neu aufgeführten Gattungen und Arten meines Formiciden-Verzeichnisses nebst Ergänzung einiger früher gegebenen Beschreibungen. **Berliner Entomologische Zeitschrift** 7(1-2): 131-214. DOI: <https://doi.org/10.1002/mmnd.18630070116>.
- SOSA-CALVO, J. & J. T. LONGINO, 2008. Subfamilia Proceratiinae. In: E. JIMÉNEZ, F. FERNÁNDEZ, T. M. ARIAS & F. H. LOZANO-ZAMBRANO (Ed.): **Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia**: 219-237. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá.
- WEBER, N. A., 1939. New ants of rare genera and a new genus of ponerine ants. **Annals of the Entomological Society of America** 32(1): 91-104. DOI: <https://doi.org/10.1093/aesa/32.1.91>.
- WEBER, N. A., 1940. Rare ponerine genera in Panama and British Guiana (Hym.: Formicidae). **Psyche** 47: 841063. DOI: <https://doi.org/10.1155/1940/841063>.









**Primeiro registro de bivaque arbóreo para a espécie de formiga de  
correição *Eciton rapax* Smith, 1855 (Formicidae: Dorylinae)**  
First record of an arboreal bivouac for the army ant species  
*Eciton rapax* Smith, 1855 (Formicidae: Dorylinae)

Hilário Póvoas de Lima<sup>1</sup>  | Nicolas Gérard Châline<sup>1</sup>  |  
Raquel Leite Castro de Lima<sup>1</sup>  | Ronara de Souza Ferreira Châline<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidade de São Paulo. São Paulo, São Paulo, Brasil

**Resumo:** A formiga de correição *Eciton rapax* ainda é pouco conhecida quanto à sua história natural. Seus hábitos de nidificação ainda permanecem pouco estudados, sendo uma importante lacuna para a compreensão da ecologia desta espécie. Este estudo registrou e descreveu locais de nidificação de *E. rapax*, realizado em regiões de mata primária amazônica, em áreas de terra firme, no município de Bragança, estado do Pará. Colunas de forrageio de *E. rapax* foram encontradas e seguidas até seu local de nidificação, entre julho de 2018 e janeiro de 2020. Cinco bivaques foram encontrados e descritos, e as áreas foram registradas em ponto de GPS. Quatro bivaques eram subterrâneos, descobertos embaixo de troncos caídos, em tocas abandonadas de mamíferos de pequeno porte ou entre raízes aéreas de árvores. Um bivaque situava-se na parte oca de uma árvore, a aproximadamente 3 metros de altura. Os dados mostram que, além de hábitos subterrâneos de nidificação já descritos na literatura, *E. rapax* também pode nidificar fora do subsolo, em cavidades situadas nas partes altas das árvores, em um local seguro e livre das inundações das estações chuvosas.

**Palavras-chave:** Estação chuvosa. Nidificação. Nomadismo.

**Abstract:** The army ant *Eciton rapax* still little known in your natural history. The nesting habits of *E. rapax* are still poorly studied, being an important gap for understanding the ecology of this species. Our study recorded and described *E. rapax* nesting sites. The study was carried out in a region of Amazon primary forest, in dry land areas, in Bragança City, in the state of Pará, Brazil. *Eciton rapax* foraging columns were found and followed to their nesting site between July 2018 and January 2020. Five bivouacs were found, which have been described and the areas recorded at a GPS point. Four bivouacs were underground, under fallen logs, holes left by medium-sized mammals or between aerial tree roots. A bivouac was located in the hollow part of a tree, approximately 3 meters high. Our data show that, in addition to underground nesting habits already described in the literature, *E. rapax* also nest outside the subsol, in cavities located in the upper parts of the trees, in a safe place and free from the floods of rainy seasons.

**Keywords:** Rainy season. Nesting. Nomadism.

---

LIMA, H. P., N. G. CHÂLINE, R. L. C. LIMA & R. S. F. CHÂLINE, 2020. Primeiro registro de bivaque arbóreo para a espécie de formiga de correição *Eciton rapax* Smith, 1855 (Formicidae: Dorylinae). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(1): 221-225. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.289>.

Autor para correspondência: Hilário Póvoas de Lima. Universidade de São Paulo. Programa de Psicologia Experimental. Av. Professor Mello Moraes, 1721 – Bloco F. Cidade Universitária. São Paulo, SP, Brasil. CEP 05508-030 ([hilariopovoas@usp.br](mailto:hilariopovoas@usp.br)).

Recebido em 28/02/2020

Aprovado em 30/03/2020

Responsabilidade editorial: Livia Pires do Prado



## INTRODUÇÃO

Formigas de correição do gênero *Eciton* são espécies nômades que forrageiam no solo da floresta, procurando por outros animais, que são capturados, desmembrados e levados para o ninho temporário (Hölldobler & Wilson, 1990; Gotwald, 1995; Kronauer, 2009). Formigas do gênero *Eciton* predam principalmente outras espécies de insetos sociais, como vespas e outras formigas, com exceção de *Eciton burchellii* Westwood, 1842, que, além de insetos sociais, preda uma grande variedade de invertebrados (Powell & Baker, 2008).

Formigas do gênero *Eciton* apresentam um estilo de vida fásico, havendo a fase estacionária e a fase nômade. Na nômade, ocorre diariamente a mudança do local do ninho, as novas operárias eclodem e também é registrado aumento da atividade de forrageio da colônia, porque a prole se encontra em estágio larval, necessitando de mais alimento. Na estacionária, a colônia permanece vários dias nidificando no mesmo local, a rainha inicia a postura dos ovos e as larvas tornam-se pupas, diminuindo a necessidade de alimento da colônia e a atividade de forrageio. A duração da fase estacionária pode ser de até três semanas (Hölldobler & Wilson, 1990; Gotwald, 1995).

Os ninhos temporários das formigas de correição são chamados bivaques, um estilo de nidificação em que cada operária se prende a outra através de suas garras, formando um emaranhado de indivíduos, onde, no centro, ficam a rainha, os ovos, as larvas e as pupas (Hölldobler & Wilson, 1990; Gotwald, 1995). Nas espécies mais estudadas, como *E. burchellii* e *E. hamatum* Fabricius, 1782, os bivaques são, geralmente, encontrados em cavidades no solo, em raízes aéreas de árvores, próximo ao dossel de árvores, entre troncos, ou nas partes ocas dentro de árvores caídas (Gotwald, 1995).

*Eciton rapax* é a maior espécie do gênero e a única que não apresenta casta de soldado (Burton & Franks, 1985), sendo predadora diurna e epigeica (forrageia sobre o solo) e que ataca principalmente outras espécies de formigas (Kazan, 1972; Burton & Franks, 1985).

Seus bivaques são geralmente encontrados em estruturas como tocas deixadas por outros animais no subsolo (Kazan, 1972; Burton & Franks, 1985).

Existem poucos estudos sobre a espécie de formiga de correição *Eciton rapax* (Kazan, 1972; Burton & Franks, 1985). Informações sobre seu estilo de nidificação são importantes para o entendimento da ecologia dessa espécie, que vive em áreas neotropicais marcadas pela sazonalidade das chuvas.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa ocorreu na região de Bragança (-1.054963, -46.768592), município situado no litoral nordeste do estado do Pará. A região é marcada pela existência de fragmentos de florestas primárias, restinga, mangues e campos naturais. Bragança apresenta um período seco e um chuvoso (Moraes *et al.*, 2005), sendo que, entre janeiro e junho, a média de precipitação mensal é de 200 mm e, entre setembro e novembro, é de 25 mm (Medina *et al.*, 2001). As coletas ocorreram em dois fragmentos de floresta primária, a Mata do Lobão (-1.034113, -46.766017) e a Mata do Jiquiri (-1.076621, -46.740679). A Mata do Lobão apresenta áreas de terra firme e de mangue; já a Mata do Jiquiri apresenta áreas de terra firme.

Entre 2018 e 2020, colunas de *E. rapax* foram seguidas, para a busca dos locais de nidificação. Foi registrada a localização de cada bivaque e feita a descrição do local.

As formigas foram identificadas com o uso da chave de identificação de Watkins (1976).

## RESULTADOS

Foram encontrados cinco bivaques: três na Mata do Lobão e dois na Mata do Jiquiri. Um dos bivaques encontrados na Mata do Lobão, o único encontrado na estação seca, estava no interior de uma toca abandonada de tatu, cuja entrada tinha aproximadamente 30 centímetros de diâmetro (Figura 1). Três bivaques estavam abaixo da serrapilheira em raízes de árvores (Figura 2); os orifícios de entrada não apresentavam mais do que quatro ou cinco centímetros

de diâmetro e não eram visíveis, porque ficavam abaixo das folhas da serrapilheira. Não houve registro de bivaques em solo em que a colônia permanecesse por mais de 48 horas no mesmo local.

Durante a estação chuvosa, um dos bivaques foi encontrado em uma árvore e permaneceu no mesmo



Figura 1. Bivaca de *Eciton rapax* encontrado em uma toca abandonada por um tatu. É possível ver as operárias na área interna da toca. Foto: Hilário Póvoas de Lima (2018).



Figura 2. Bivaca de *Eciton rapax* encontrado abaixo da serrapilheira, junto à raiz de uma árvore. À esquerda, o registro das raízes de uma árvore onde foi encontrado o bivaque e à direita, a coluna de *E. rapax* retornando do forrageio, entrando embaixo da serrapilheira para acessar o bivaque. Fotos: Hilário Póvoas de Lima (2019).

local por seis dias (do dia 09/01/2020 até 14/01/2020). O bivaque se encontrava em uma galeria interna de uma árvore viva e com três metros de diâmetro à altura do peito (DAP). A galeria na árvore apresentava uma entrada em forma de fenda, com mais de 2 metros de comprimento total, contudo, a abertura que dava acesso à galeria interna estava entre 2,5 e 3 metros de altura em relação ao solo (Figura 3). A parte mais baixa da fenda abrigava uma colônia de abelhas sem ferrão do gênero *Aparatrigona*.

A fenda na árvore que permitia acesso ao bivaque era estreita, tinha entre 3 e 4 centímetros de largura e entre 35 e 40 centímetros de comprimento, permitindo entrada e saída das formigas, mesmo em um fluxo intenso (Figura 4).

A colônia permaneceu forrageando, levando ovos, larvas, pupas e adultos de suas presas para o bivaque durante todos os dias de observação (Figura 5)<sup>1</sup>. Enquanto a colônia esteve na árvore, a atividade de forrageio cessava no decorrer de chuvas intensas, que foram comuns no período em que o bivaque foi monitorado. No dia 15/01/2020, a colônia de *E. rapax* mudou o local do bivaque para uma área seca a 282 metros de distância.

<sup>1</sup> Ver material suplementar a este artigo, em vídeo disponível em [http://editora.museu-goeldi.br/bn/artigos/cnv15n1\\_2020/Bivaca\\_Arvore.MP4](http://editora.museu-goeldi.br/bn/artigos/cnv15n1_2020/Bivaca_Arvore.MP4).





Figura 3. Árvore onde foi encontrado o bivaque. O círculo branco destaca o local exato da entrada, a aproximadamente 3 metros de altura do solo. Foto: Hilário Póvoas de Lima (2019).

O novo local do bivaque situava-se no subsolo, na base de uma árvore. No dia 16/01/2020, a colônia mudou-se novamente para uma área alagada, não sendo possível encontrar o novo local de nidificação.

## DISCUSSÃO

Nossos registros mostraram que *E. rapax* nidifica principalmente no subsolo, como já descrito na literatura (Kazan, 1972; Burton & Franks, 1985), contudo, essa espécie pode também subir em árvores para fixar o bivaque longe do solo, tal como a espécie *E. burchellii* (Rettenmeyer *et al.*, 2011).

O bivaque arbóreo foi registrado por seis dias consecutivos e se encontrava na fase estacionária, fase em que a colônia das espécies de *Eciton* tem a prole



Figura 4. Operárias de *E. rapax* entrando na abertura da árvore que dava acesso à galeria onde se encontrava o bivaque. Foto: Hilário Póvoas de Lima (2019).



Figura 5. Operárias da espécie *Eciton rapax* retornando ao bivaque, transportando presas que a operária leva: A) parte de um adulto de formiga, B-C) um casulo; D) um ovo. Fotos: Hilário Póvoas de Lima (2019).

no estágio pupal e também quando é iniciada a postura de ovos (Hölldobler & Wilson, 1990). Nesse período importante do ciclo reprodutivo, a colônia de *E. rapax* manteve-se livre de perturbações provocadas pelas chuvas intensas.

A região do nordeste paraense apresenta uma importante oscilação entre os índices pluviométricos entre as estações seca e chuvosa (Medina *et al.*, 2001; Sousa & Jardim, 2007), provocando inundações e encharcamento do solo. Inundações diminuem linearmente a abundância de formigas, por ocasionarem perdas de locais adequados à nidificação (Mertl *et al.*, 2009). Espécies de formigas que vivem em regiões com inundações frequentes desenvolvem estratégias para lidar com esses eventos, como ficar em áreas do ninho preenchidas por bolhas de ar, evitando a entrada de água (Nielsen, 2011). Dessa forma, o comportamento de *E. rapax* de nidificar em um local longe do solo florestal durante o período de chuvas intensas pode representar uma importante adaptação ao período das chuvas amazônicas. Esse comportamento coletivo poderia ser flexível em função da pluviosidade, e as operárias responsáveis pela escolha poderiam mostrar uma flexibilidade estacional, podendo nidificar acima do solo durante a estação chuvosa. Poderia também ser um fenômeno variável em função do ambiente encontrado pelas colônias, podendo, então, quando se encontrarem em áreas que sofrem inundações, buscar locais de nidificação acima do solo.

Assim, mais estudos são ainda necessários para compreender se a nidificação em locais acima do solo florestal é mais comum durante o período chuvoso em populações em áreas sujeitas a inundação, e se isso é característico de algumas colônias ou de todas, abrindo uma interessante questão sobre a flexibilidade de tomadas de decisões coletivas em ambientes muito variáveis, onde os custos de uma escolha ruim também podem variar muito.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de doutorado a Hilário Póvoas de Lima e Raquel Leite Castro de Lima (bolsas PQ – 311790/2017-8 – e CAPES PROEX Psicologia Experimental 1964/2016).

## REFERÊNCIAS

- BURTON, J. L. & N. R. FRANKS, 1985. The foraging ecology of the army ant *Eciton rapax*: an ergonomic enigma? **Ecological Entomology** 10(2): 131-141. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1985.tb00542.x>
- GOTWALD, W. H., 1995. **Army ants**: the biology of social predation: 1-302. Cornell University Press, New York.
- HÖLLDOBLER, B., & E. O. WILSON, 1990. **The ants**: 1-743. Harvard University Press, Cambridge.
- KAZAN, P. L., 1972. **The biology and behavior of an army ant, *Eciton rapax***. Tese (Doutorado em Entomologia) – Kansas State University, Manhattan.
- KRONAUER, D. J., 2009. Recent advances in army ant biology (Hymenoptera: Formicidae). **Myrmecological News** 12: 51-65.
- MEDINA, E., T. GIARRIZZO, M. MENEZES, M. CARVALHO LIRA, E. A. CARVALHO, A. PERES & C. F. BRAGA, 2001. Mangal communities of the "Salgado Paraense": ecological heterogeneity along the Bragança peninsula assessed through soil and leaf analyses. **Amazoniana: Limnologia et Oecologia Regionalis Systematis Fluminis Amazonas** 16(3-4): 397-416.
- MERTL, A. L., K. T. RYDER WILKIE & J. F. TRANIELLO, 2009. Impact of flooding on the species richness, density and composition of Amazonian litter-nesting ants. **Biotropica** 41(5): 633-641. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2009.00520.x>
- MORAES, B. C. D., J. M. N. D. COSTA, A. C. L. D. COSTA & M. H. COSTA, 2005. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. **Acta Amazonica** 35(2): 207-214. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672005000200010>
- NIELSEN, M. G., 2011. Ants (Hymenoptera: Formicidae) of mangrove and other regularly inundated habitats: life in physiological extreme. **Myrmecological News** 14: 113-121.
- POWELL, S. & B. BAKER, 2008. Os grandes predadores dos neotrópicos: comportamento, dieta e impacto das formigas de correição (Ecitoninae). In: E. F. FERREIRA VILELA, I. A. DOS SANTOS, J. E. SERRÃO, J. H. SCHOEREDER, J. LINO-NETO & L. A. O. CAMPOS (Ed.): **Insetos sociais**: da biologia à aplicação: 18-37. UFV, Viçosa.
- RETTENMEYER, C. W., M. E. RETTENMEYER, J. JOSEPH & S. M. BERGHOF, 2011. The largest animal association centered on one species: the army ant *Eciton burchellii* and its more than 300 associates. **Insectes Sociaux** 58(3): 281-292. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-010-0128-8>.
- SOUSA, L. A. S. & M. A. G. JARDIM, 2007. Sobrevivência e mortalidade de plantas de açajeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) cultivadas em capoeira no nordeste paraense. **Revista Brasileira de Biociências** 5(51): 255-257.
- WATKINS, J. F., 1976. **The identification and distribution of New World army ants (Dorylinae: Formicidae)**: 1-102. Baylor University Press, Texas.





**Dining out with commoners: queens of *Camponotus novogranadensis* Mayr, 1870 (Hymenoptera: Formicidae) feeding outside the nest with nestmate workers**  
**Jantando fora com os plebeus: rainhas de *Camponotus novogranadensis* Mayr, 1870 (Hymenoptera: Formicidae) alimentando-se fora do ninho com operárias**

Fernando da Silva Carvalho-Filho 

Museu Paraense Emílio Goeldi/MCTIC. Belém, Pará, Brasil

**Abstract:** An ant colony usually shows a division into reproductive (queens and alate males) and nonreproductive (workers and soldiers) castes. In most ant species, the tasks outside of a mature colony are performed predominately by the non-reproductive castes, and the reproductive queens usually do not leave the nest after founding. Therefore, queens are fed by workers that, upon returning to the nest, regurgitate a portion of stored fluid. However, queens of *Camponotus novogranadensis* Mayr, 1870 were recorded feeding on the carcass of a mourning gecko outside the nest with nestmate major and minor workers in a disturbed habitat in Belém, Pará state, northern Brazil.

**Keywords:** Eusociality. Insecta. Polygyny. Claustral founding.

**Resumo:** Nas colônias de formigas, há uma divisão em castas reprodutivas (rainhas e machos) e não reprodutivas (operárias e soldados). Na maioria das espécies de formigas, as tarefas externas de uma colônia madura são predominantemente desempenhadas pelas castas não reprodutivas, uma vez que as rainhas reprodutivas geralmente não saem do ninho. As rainhas são, portanto, alimentadas pelas operárias que, ao retornarem ao ninho, regurgitam uma parte do alimento fluido armazenado em seus corpos. No entanto, nesta nota, rainhas de *Camponotus novogranadensis* Mayr, 1870 foram registradas alimentando-se da carcaça de uma lagartixa fora do ninho junto com as operárias do mesmo ninho, em uma área antropizada em Belém, estado do Pará, Norte do Brasil.

**Palavras-chave:** Eusocialidade. Insecta. Poligenia. Fundação claustral.

---

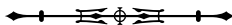
CARVALHO-FILHO, F. S., 2020. Dining out with commoners: queens of *Camponotus novogranadensis* Mayr, 1870 (Hymenoptera: Formicidae) feeding outside the nest with nestmate workers. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(1): 227-230. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.282>.

Autor para correspondência: Fernando da Silva Carvalho-Filho. Av. Perimetral, 1901 – Terra Firme. Belém, PA, Brasil. CEP 66077-530 (fernandofilho@museu-goeldi.br).

Recebido em 18/02/2020

Aprovado em 01/04/2020

Responsabilidade editorial: Livia Pires do Prado



## INTRODUCTION

Ants (Formicidae) are highly successful insects, constituting 15% to 25% of the all terrestrial animal biomass (Schultz, 2000). They are distributed in a great variety of microhabitats in terrestrial ecosystems, such as in soil, leaf litter, fallen trunks and twigs, abandoned or active nests of other social insects, living trees and forest canopy (Hölldobler & Wilson, 1990).

The evolutionary success of ants is mainly attributed to their eusociality, an evolutionarily advanced level of colonial existence present in all species of formicids (Hölldobler & Wilson, 1990), characterized by the simultaneous presence of two or more overlapping generations of adults within a colony; cooperative brood care (individuals care for brood that is not their own); and division into reproductive and nonreproductive (or at least less-reproductive) castes (Hölldobler & Wilson, 1990).

In most ant species, the tasks performed external to the nest in mature colonies are predominately done by the non-reproductive castes of workers and soldiers, since the reproductive queens usually do not leave the nest (Brown & Bonhoeffler, 2003). The queens only exit their nest during migration of the colony to a new nest or to found a new colony. However, in some species of the subfamilies Myrmeciinae, Nothomyrmecinae, most of "Poneromorph" subfamilies and some Formicinae and Myrmicinae, that have a semi- or a partially claustral nest foundation, the queens, during the colony-founding, also forage for food with which to provision their first brood (Brown & Bonhoeffler, 2003 and references therein). In mature colonies the queens are thus feed by workers that, upon returning to the nest, regurgitate a portion of food fluid carried in the proventriculus (Hölldobler & Wilson, 1990).

Ants usually are predators or scavengers, feeding on a wide range of prey, mainly arthropods, but there are species that also consumes seeds or fungi (Hölldobler & Wilson, 1990). Adults usually feed on liquid substances, such as sugary substances produced by plants and insects of the orders Auchenorrhyncha (such as treehoppers) and

Stenorrhyncha (such as aphids, mealybugs, etc.), but they have been observed feeding on urine, feces, and vertebrate carcasses, that are an important source of additional nutrients, mainly to herbivorous species (Petit *et al.*, 2019).

In contrast to expected ant behavior, a group of workers and queens of the same colony were observed feeding together in a gecko carcass outside the nest in an urban area.

## MATERIAL AND METHODS

The observation reported in this study was made in the courtyard of a residence located in an urban area of Belém, state of Pará, Brazil. In total, one and a half hours of observations were made. Some ants (workers, soldiers and queens) were collected and deposited in the entomological collection of the *Museu Paraense Emílio Goeldi* (MPEG), Belém, state of Pará, Brazil. Specimens were identified by a specialist from the MPEG.

Photographs were taken with a Nikon D90 camera with a Sigma 105 mm macro lens and a Nikon SB900 flash bearing a homemade diffuser.

## RESULTS AND DISCUSSION

On December 20, 2019, a group of about 30 ants (*Camponotus novogranadensis* Mayr, 1870) were observed feeding on the fresh carcass of a mourning gecko (*Lepidodactylus lugubris* (Duméril & Bibron, 1836)) in the evening (1800 h) (Figure 1). The gecko was killed and partially consumed by a domestic cat the previous night. The group of ants was composed of two dealated queens, minor and major workers (Figure 1). Like the workers, the queens were also observed licking the exposed tissue of the gecko carcass. The ants were not observed chewing and removing pieces of tissue, nor were they returning with it to the nest, whose entrance, a small hole in the wall of a residence about five centimeters above the ground, was located about 70 centimeters from the carcass. One of the queens returned to the nest after 40 minutes of observation and the other after an hour and 20 minutes.



Figure 1. Dealate queens, soldiers, and workers of *Camponotus novogranadensis* feeding on the fresh carcass of a mourning gecko (*Lepidodactylus lugubris*) in an urban area of Belém, state of Pará, Brazil. Photo: F. S. Carvalho-Filho (2019).

There is little information on the biology of *C. novogranadensis*, even though it is widespread in the neotropics and was recently recorded for the first time in Florida, USA (Deyrup & Belmont, 2013). This species has been recorded as part of the urban and even domestic fauna of northern Brazil (Albuquerque & Prado, 2017). It has been recorded feeding on honeydew produced by treehoppers (Membracidae and Aetalionidae) (Letourneau & Choe, 1987), and nectar from extrafloral nectaries of plants (Schoereder *et al.*, 2010). This species also is attracted to animal protein utilized as bait in traps (Vasconcelos, 1999).

Ants visit vertebrate carcasses to capture eggs, larvae, and pupae of necrophagous insects or to feed on exudates or decomposing tissues (Moretti & Ribeiro, 2006). The specimens observed in this study were only feeding on exudates and tissues, and larvae and eggs of carrion flies were not observed on the gecko carcass.

Urine, bird feces, and vertebrate carcasses may represent an important nitrogen sources for ants, mainly to herbivorous species that usually do not have access to this nutrient by means of usual food (Petit *et al.*, 2019), such as *C. novogranadensis* that feeds predominately on honeydew (Schoereder *et al.*, 2010). However, carcasses are ephemeral and not a common source of food as is

honeydew, becoming very attractive to ants so that even to the queens leave the nest to consume it.

The queen of most *Camponotus* species exhibit claustral nest foundation, such that they never leave the nest for foraging (Brown & Bonhoeffler, 2003). The evolutionary advantage attributed to claustral foundation in ants is that it reduces queen mortality by predation (Hölldobler & Wilson, 1990; Brown & Bonhoeffler, 2003). The loss of some foraging *C. novogranadensis* queens outside of the nest may not represent a severe risk to the colony since, like other *Camponotus* species, this species is polygynic (Akre *et al.*, 1994).

## ACKNOWLEDGMENTS

I would like to thank Livia Pires do Prado, who identified the ants, and Dr. William L. Overall for reviewing the manuscript.

## REFERENCES

- AKRE, R. D., L. D. HANSEN & E. A. MYHRE, 1994. Colony size and polygyny in carpenter ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of the Kansas Entomological Society** 67(1): 1-9.
- ALBUQUERQUE, E. Z. & L. P. PRADO, 2017. Formigas em ambientes urbanos na região Norte: o estado da arte e perspectivas futuras. In: O. C. BUENO, A. E. C. CAMPOS & M. S. C. MORINI (Ed.): **Formigas em ambientes urbanos do Brasil**: 523-551. Canal 6, Bauru.
- BROWN, M. J. F. & S. BONHOEFFER, 2003. On the evolution of claustral colony founding in ants. **Evolutionary Ecology Research** 5: 305-313.
- DEYRUP, M. & R. A. BELMONT, 2013. First record of a Florida population of the Neotropical carpenter ant *Camponotus novogranadensis* (Hymenoptera: Formicidae). **Florida Entomologist** 96(1): 283-285. DOI: <http://doi.org/10.1653/024.096.0148>.
- HÖLLDOBLER, B. & E. O. WILSON, 1990. **The ants**: 1-732. Harvard University Press, Cambridge.
- LETOURNEAU, D. K. & J. C. CHOE, 1987. Homopteran attendance by wasps and ants: the stochastic nature of interactions. **Psyche: A Journal of Entomology** 94: 81-91. DOI: <https://doi.org/10.1155/1987/12726>.
- MORETTI, T. C. & O. B. RIBEIRO, 2006. *Cephalotes clypeatus* Fabricius (Hymenoptera: Formicidae): hábitos de nidificação e ocorrência em carcaça animal. **Neotropical Entomology** 35(3): 412-415. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2006000300019>.

PETIT, S., M. B. STONOR, J. J. WEYLAND, J. GIBBS & B. AMATO, 2019. *Camponotus* ants mine sand for vertebrate urine to extract nitrogen. **Austral Ecology** 45(2): 168-176. DOI: <http://doi.org/10.1111/aec.12840>.

SCHOEREDER, J. H., T. G. SOBRINHO, M. S. MADUREIRA, C. R. RIBAS & P. S. OLIVEIRA, 2010. The arboreal ant community visiting extrafloral nectaries in the Neotropical cerrado savana. **Terrestrial Arthropod Reviews** 3(1): 3-27. DOI: <https://doi.org/10.1163/187498310X487785>.

SCHULTZ, T. R., 2000. In search of ant ancestors. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 97(26): 14028-14029. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.011513798>.

VASCONCELOS, H. L., 1999. Effects of forest disturbance on the structure of ground-foraging ant communities in central Amazonia. **Biodiversity and Conservation** 8: 407-418. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1008891710230>.

## Chromosome morphometry of *Camponotus renggeri* Emery, 1894 (Hymenoptera: Formicidae)

## Morfometria cromossômica de *Camponotus renggeri* Emery, 1894 (Hymenoptera: Formicidae)

Talles Fillipe Barcelos Vieira<sup>I</sup>  | Flávia Assumpção Santana<sup>II</sup> 

<sup>I</sup>Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, Minas Gerais, Brasil

<sup>II</sup>Universidade Estadual de Goiás. Quirinópolis, Goiás, Brasil

**Abstract:** Both the amount and the morphology of chromosomes are important aspects for the specific genomic organization of each organism. Data show that chromosomal evolution, which happens in higher rates in eusocial insects, tends to decrease the size of chromosomes during genetic diversification. Ants have a high karyotypic plasticity, and the genus *Camponotus*, one of the most speciose genus among the Formicidae, has little cytogenetic information available regarding its abundance. Therefore, this study aimed to assess morphometrically the karyotype of *Camponotus renggeri*. The chromosomes were obtained from the brain ganglia of prepupae, following a combination of two existent methodologies. Morphometric analysis of the karyotype revealed chromosomes from 0,31  $\mu\text{m}$  to 1,22  $\mu\text{m}$ , which reflects the chromosomal evolution trend towards considerably small chromosomes.

**Keywords:** Karyotype. Ants. Cytogenetics.

**Resumo:** A quantidade e a morfologia cromossômica são aspectos importantes para organização genômica de cada organismo. Dados mostram que a evolução cromossômica, que ocorre em taxas mais altas em insetos eusociais, tende a reduzir o tamanho dos cromossomos durante a diversificação genética. As formigas apresentam alta plasticidade cariotípica e o gênero *Camponotus*, um dos mais especiosos entre os Formicídeos, apresenta poucos dados citogenéticos em relação à sua abundância. Este estudo teve como objetivo realizar análises morfométricas dos cromossomos de *Camponotus renggeri*. Os cromossomos foram obtidos a partir dos gânglios cerebrais de pré-pupas, seguindo uma combinação de duas metodologias já descritas. A análise do cariótipo revelou cromossomos de 0,31  $\mu\text{m}$  até 1,22  $\mu\text{m}$  e reflete a tendência de evolução cromossômica, em direção a cromossomos consideravelmente pequenos.

**Palavras-chave:** Cariótipo. Formiga. Citogenética.

---

VIEIRA, T. F. B. & F. A. SANTANA, 2020. Chromosome morphometry of *Camponotus renggeri* Emery, 1894 (Hymenoptera: Formicidae). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(1): 231-235. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.243>.  
Autor para correspondência: Talles Fillipe Barcelos Vieira. Av Terezina, 1150. Uberlândia, MG, Brasil. CEP 38400-744 (tallesbarcellos@hotmail.com).

Recebido em 19/12/2019

Aprovado em 06/04/2020

Responsabilidade editorial: Livia Pires do Prado



## INTRODUCTION

Chromosomes are units of inheritance organized within the nucleus of eukaryotic cells and their amount and morphology are important aspects for the specific genomic organization of each organism (Cristiano *et al.*, 2013; Cardoso *et al.*, 2014). Both numerical and structural chromosomal variation is important for systematic and evolutionary studies and may lead to species identification and differentiation, favoring phylogenetic updating (Silveira *et al.*, 2006; Barros *et al.*, 2010; Menezes *et al.*, 2014; Correia *et al.*, 2016).

Cytogenetic data shows that chromosomal evolution tends to decrease the size of chromosomes, reducing genetic risks, such as translocation, during genetic diversification (Aguar *et al.*, 2016; Mariano *et al.*, 2003). The evolution of chromosome in eusocial insects shows higher rates compared to other organisms and some genera may even display intraspecific variations (Lorite & Palomeque, 2010; Ross *et al.*, 2015; Barros *et al.*, 2016).

Ants have a large numerical and structural variety of chromosomes, with species exhibiting  $2n = 2$  to species with  $2n = 120$  (Cristiano *et al.*, 2013). The genus *Camponotus*, with 1,042 described species (Bolton, 2020), is one of the most specious genus among Formicidae and it features a considerable karyotypic variety and has little cytogenetic information available regarding its abundance (Aguar *et al.*, 2017).

Although it is still scarce, morphometric analysis on ants chromosomes is an important tool for the updating of taxonomic status, once it allows the evaluation of measurements and variations of such structures (Gokhman, 2006; Fornel & Estrela, 2012; Cardoso *et al.*, 2017). Therefore, due to ants high karyotypic plasticity, mainly among *Camponotus*, and the lack of morphometric studies, this work aimed to morphometric assess the karyotype of *Camponotus renggeri* (Emery, 1894), that recently has been the subject of a wide discussion (Aguar *et al.*, 2017), and we believe that our results may be useful as a mean of comparison for understanding

chromosomal variations or rearrangements that might be found in further studies.

## MATERIAL AND METHODS

The biological materials were collected nearby Quirinópolis, state of Goiás, Brazil, in four different colonies, found in a preserved fragment of Cerrado surrounded by pasture fields. Chromosomes were obtained from the brain ganglia (BG) of 10 prepupae from each colony, following a combination of two methodologies (Imai *et al.*, 1988; Guerra & Souza, 2002), not described by other authors so far, which best suits our laboratory conditions.

Using dissecting needles, the BG were removed under a stereomicroscope and transferred to 500  $\mu$ l tubes with colchicine at 0.005% and allowed to rest for one hour to interrupt the spindle fibers. Later, colchicine was removed and replaced by an hypotonic solution, making cells more turgid. After 15 minutes, the hypotonic solution was removed and 10 drops of carnoy fixative (ethyl alcohol, acetic acid, 3: 1) were added as well.

After a 10 minutes rest, the BG were transferred to 500  $\mu$ l tubes with fresh carnoy fixative, where they were held for 30 minutes. Then, using dissecting needles, each BG was macerated with a drop of acetic acid at 45% on separate slides and allowed to dry at room temperature for one day and then stained with a solution of Giemsa at 4% for 10 minutes.

The slides were observed using an optical microscope (Leica DM 500 ®) and the eight metaphases with best chromosome scattering were photographed and characterized according to number and morphology, following to the nomenclature proposed by Levan *et al.* (1964). The morphometric analyzes were performed using the ImageJ software, measuring the whole extension of chromosomes, using a 5  $\mu$ m scale, and the resulting data were organized in table.



## RESULTS AND DISCUSSION

The chromosome number found for *C. renggeri* was  $2n = 40$ , of which two pairs are submetacentric (SM), 17 pairs are subtelocentric (TS) and one is telocentric (T) (Figure 1). The karyotype corresponds to existent descriptions for the same species, performed in Nova Mutum-MT and Macapá-AP, both in number and chromosomal morphology (Aguiar *et al.*, 2016, 2017), however, no study has provided morphometric data so far.

Morphometric analysis of the karyotype revealed chromosomes from  $0,31 \mu\text{m}$  to  $1,22 \mu\text{m}$  (Table 1). The high rate of karyotype evolution in eusocial insects, whose aim is to decrease genetic risks, may explain the reduced size of chromosomes in relation to other insect and animal species (Mariano *et al.*, 2003; Ross *et al.*, 2015; Barros *et al.*, 2016; Aguiar *et al.*, 2016, 2017). It is also noteworthy that individuals of the same species, collected and karyotyped in other regions, may present variations in chromosome morphology, since some organisms may have intraspecific variations (Lorite & Palomeque, 2010; Barros *et al.*, 2016), and therefore might also present variations in size (Cardoso *et al.*, 2018).

Even though there are not many studies about the karyotype of *C. renggeri*, the available informations has shown that it undergoes a considerable rate of chromosome rearrangements, as expected (Aguiar *et al.*, 2016, 2017). Thus, the measurements presented here allow accurate comparisons and might open new paths that'll help further evolutionary investigations.

Table 1. Morphometric analysis of the chromosomes of *Camponotus renggeri*.

Chromosome number	size ( $\mu\text{m}$ )	Type
1	1,22	T
2	1,03	SM
3	0,88	ST
4	0,86	ST
5	0,86	ST
6	0,85	ST
7	0,84	ST
8	0,82	ST
9	0,76	ST
10	0,73	SM
11	0,72	ST
12	0,72	ST
13	0,71	ST
14	0,69	ST
15	0,66	ST
16	0,59	ST
17	0,50	ST
18	0,46	ST
19	0,42	ST
20	0,31	ST



Figure 1. Conventional cytogenetics of mitotic cells of *Camponotus renggeri* (1000X). Bar =  $5 \mu\text{m}$ .

## ACKNOWLEDGMENT

We thank Professor Rodrigo M. Feitosa (UFPR) for identifying the species.

## REFERENCES

- AGUIAR, H. J. A. C., L. A. C. BARROS, F. A. F. SOARES, C. R. CARVALHO & S. G. POMPOLO, 2016. Estimation of nuclear genome size of three species of *Camponotus* (Mayr, 1861) (Hymenoptera: Formicidae: Formicinae) and their cytogenetic relationship. **Sociobiology** 63(2): 777-782. DOI: <http://doi.org/10.13102/sociobiology.v63i2.948>.
- AGUIAR, H. J. A. C., L. A. C. BARROS, D. R. ALVES, C. S. F. MARIANO, J. H. C. DELABIE & S. G. POMPOLO, 2017. Cytogenetic studies on populations of *Camponotus rufipes* (Fabricius, 1775) and *Camponotus renggeri* Emery, 1894 (Formicidae: Formicinae). **Plos One** 12(5): e0177702. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177702>.
- BARROS, L. A. C., H. J. A. C. AGUIAR, C. S. F. MARIANO, J. H. C. DELABIE & S. G. POMPOLO, 2010. Cytogenetic characterization of the lower-attine *Mycocepurus goeldii* (Formicidae: Myrmicinae: Attini). **Sociobiology** 56(1): 57-66. DOI: <http://dx.doi.org/10.13102/sociobiology.v65i2.2214>.
- BARROS, L. A. C., H. J. A. C. AGUIAR, C. S. F. MARIANO, V. A. SOUZA, M. A. COSTA, J. H. C. DELABIE & S. G. POMPOLO, 2016. Cytogenetic data on six leafcutter ants of the genus *Acromyrmex* Mayr, 1865 (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae): insights into chromosome evolution and taxonomic implications. **Comparative Cytogenetics** 10(2): 229-243. DOI: <https://doi.org/10.3897/CompCytogen.v10i2.7612>.
- BOLTON, B., 2020. **An online catalog of the ants of the world**. Available at: <http://antcat.org>. Access on: April 6, 2020.
- CARDOSO, D. C., S. G. POMPOLO, M. P. CRISTIANO & M. G. TAVARES, 2014. The role of fusion in ant chromosome evolution: insights from cytogenetic analysis using a molecular phylogenetic approach in the genus *Mycetophylax*. **Plos One** 9(1): e95408. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087473>.
- CARDOSO, D. C., T. T. P. PEREIRA, A. L. CORDEIRO & M. P. CRISTIANO, 2017. Cytogenetic data on the agro-predatory ant *Megalomyrmex incisus* Smith, 1947 and its host, *Mycetophylax conformis* (Mayr, 1884) (Hymenoptera, Formicidae). **Comparative Cytogenetics** 11(1): 45-53. DOI: <https://doi.org/10.3897/CompCytogen.v11i1.10842>.
- CARDOSO, D. C., J. HEINZE, M. N. MOURA & M. P. CRISTIANO, 2018. Chromosomal variation among populations of a fungus-farming ant: implications for karyotype evolution and potential restriction to gene flow. **BMC Evolutionary Biology** 18: 146. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12862-018-1247-5>.
- CORREIA, J. P. S. O., C. S. F. MARIANO, J. H. C. DELABIE, S. LACAU & M. A. COSTA, 2016. Cytogenetic analysis of *Pseudoponera stigma* and *Pseudoponera gilberti* (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae): a taxonomic approach. **Florida Entomologist** 99(4): 718-721. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.099.0422>.
- CRISTIANO, M. P., D. C. CARDOSO & T. M. F. SALOMÃO, 2013. Cytogenetic and molecular analyses reveal a divergence between *Acromyrmex striatus* (Roger, 1863) and other congeneric species: taxonomic implications. **Plos One** 8(3): e59784. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0059784>.
- EMERY, C., 1894. Viaggio del dottor Alfredo Borelli nella Repubblica Argentina e nel Paraguay. VIII. Formiche. **Bollettino dei Musei di Zoologia ed Anatomia Comparata della Reale Università di Torino** 9(186): 1-4.
- FORNEL, R. & P. C. ESTRELA, 2012. Morfometria geométrica e a quantificação da forma dos organismos. In: J. R. MARINHO, L. U. HEPP & R. FORNEL (Ed.): **Temas em Biologia**: 101-120. EDIFAPES, Erechim.
- GOKHMAN, V. E., 2006. Implication of chromosomal analysis for the taxonomy of parasitic wasps (Hymenoptera). **Entomological Review** 86(1): 38-47. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0013873806010015>.
- GUERRA, M. & M. J. SOUZA, 2002. **Como observar cromossomos**: um guia de técnicas em citogenética vegetal, animal e humana: 1-131. FUNPEC, Ribeirão Preto.
- IMAI, H. T., R. W. TAYLOR, M. W. J. CROSLAND & R. H. CROZIER, 1988. Modes of spontaneous chromosomal mutation and karyotype evolution in ants with reference to the minimum interaction hypothesis. **Japanese Journal of Genetics** 63(2): 159-185. DOI: <https://doi.org/10.1266/jjg.63.159>.
- LEVAN, A., K. FREDGA & A. A. SANDBERG, A. A., 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. **Hereditas** 52(2): 201-220. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.1964.tb01953.x>.
- LORITE, P. & T. PALOMEQUE, 2010. Karyotype evolution in ants (Hymenoptera: Formicidae), with a review of the known ant chromosome numbers. **Myrmecological News** 13: 89-102.
- MARIANO, C. S. F., J. H. C. DELABIE, L. A. O. CAMPOS & S. G. POMPOLO, 2003. Trends in karyotype evolution in the ant genus *Camponotus* (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology** 42(3): 831-839.
- MENEZES, R. S. T., A. F. CARVALHO, J. P. S. O. CORREIA, T. S. SILVA, A. SOMAVILLA & M. A. COSTA, 2014. Evolutionary trends in the chromosome numbers of swarm-founding social wasps. **Insectes Sociaux** 61(4): 385-393. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-014-0365-3>.



ROSS, L., H. BLACKMON, P. LORITE, V. E. GOKHMAN & N. B. HARDY, 2015. Recombination, chromosome number and eusociality in the Hymenoptera. **Journal of Evolutionary Biology** 28(1): 105-116. DOI: <https://doi.org/10.1111/jeb.12543>.

SILVEIRA, F. T., F. A. ORTOLANI, M. F. MATAQUEIRO & J. R. MORO, 2006. Caracterização citogenética em duas espécies do gênero *Myrciaria*. **Revista de Biologia e Ciências da Terra** 6(2): 327-333.



## Survey of leaf-cutting ant species in native vegetation and monocultures in the State of Goiás, Brazil

### Levantamento de espécies de formigas cortadeiras em vegetação nativa e monoculturas no estado de Goiás, Brasil

Filipe Viegas de Arruda<sup>I</sup>  | Marcos Antônio Pesquero<sup>II</sup>  | Marcos Filipe Pesquero<sup>III</sup>  | João Danillo dos Santos<sup>III</sup> 

<sup>I</sup>Universidade Estadual de Goiás. Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais do Cerrado. Anápolis, Goiás, Brasil

<sup>II</sup>Universidade Estadual de Goiás. Morrinhos, Goiás, Brasil

<sup>III</sup>Universidade Federal do Tocantins. Porto Nacional, Tocantins, Brasil

**Abstract:** Leaf-cutting ants are distributed exclusively in the Americas. For this study, we sampled different areas of native vegetation and monocultures to survey the leaf-cutting ants that occur in the State of Goiás, and to what environments they are associated. We recorded six species of leaf-cutting ants: *Atta sexdens*, *Atta laevigata*, *Acromyrmex subterraneus*, *Acromyrmex disciger*, *Acromyrmex ambiguus*, and *Acromyrmex hispidus*. The last four were registered for the first time for the State of Goiás.

**Keywords:** Savanna. Colony density. Agriculture. Diversity.

**Resumo:** As formigas cortadeiras apresentam distribuição exclusiva nas Américas. Durante a realização do presente estudo, foram amostradas diferentes áreas de vegetação nativa e de monoculturas, com o intuito de fazer um levantamento das espécies de formigas cortadeiras que ocorrem em Goiás e sobre quais são os ambientes aos quais elas estão associadas. Durante o presente estudo, foram registradas seis espécies de formigas cortadeiras: *Atta sexdens*, *Atta laevigata*, *Acromyrmex subterraneus*, *Acromyrmex disciger*, *Acromyrmex hispidus* e *Acromyrmex ambiguus*, sendo que as últimas quatro foram registradas pela primeira vez para o estado de Goiás.

**Palavras-chave:** Savana. Densidade de colônias. Agricultura. Diversidade.

---

ARRUDA, F. V., M. A. PESQUERO, M. F. PESQUERO & J. D. SANTOS, 2020. Survey of leaf-cutting ant species in native vegetation and monocultures in the State of Goiás, Brazil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(1): 237-241. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.237>.

Autor para correspondência: Filipe Viegas de Arruda. Universidade Estadual de Goiás. Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais do Cerrado. Br 153 nº 3.105 - Fazenda Barreiro do Meio, - Anápolis, GO, Brasil. Caixa Postal: 459 (filipeeco@gmail.com).

Recebido em 18/12/2019

Aprovado em 17/03/2020

Responsabilidade editorial: Rony Peterson Santos Almeida



The ants of genus *Atta* (Fabricius, 1804) and *Acromyrmex* (Mayr, 1865) are widely distributed in the Americas (Hölldobler & Wilson, 1990). They represent together 77 species, 62 species of genus *Acromyrmex* and 17 of genus *Atta* (Antweb, 2020). They are known for living in association with the symbiotic fungus *Leucoagaricus gongylophorus* (Singer 1986), which feeds on fresh vegetable fragments provided by the ants. These ants are considered severe pests, as they defoliate plantations of economic importance, such as eucalyptus and pasture (Zanetti *et al.*, 2000; Della Lucia, 2003; Santos *et al.*, 2019). Currently, the control is performed mainly by using chemical products through baiting or thermal fogging (Oliveira *et al.*, 2011) and researchers have been seeking more efficient ways to control these pests. Studies have shown that the population density of leaf-cutting ants tends to increase in fragmented habitats and monoculture areas (Fowler, 1983; Vasconcelos & Cherrett, 1995). This population increase occurs mainly due to the lower number of predators in anthropized environments (Rao, 2000; Pesquero *et al.*, 2010; Barrera *et al.*, 2017). Thus, occurrence data of colonies are necessary for a better understanding of the species distribution in native and monoculture environments. This study aimed to survey the species of leaf-cutting ants in native vegetation and monoculture environments in the State of Goiás. Data were collected between September 2005 and July 2006. Samplings were performed by active search in different monoculture areas (soybean, *Eucalyptus* sp., and pasture of *Brachiaria* sp.; all treated for at least five years with granulated baits with sulfluramid by the owners) and native vegetation (riparian forest, open shrub savanna 'campo sujo', and grasslands 'campo limpo') in the municipalities of Pirenópolis (15° 51' S, 48° 57' W), Silvânia (16° 40' S, 48° 36' W), and Morrinhos (17° 45' S, 49° 10' W) in the State of Goiás (Oliveira-Filho & Ratter, 2002). The sampling period for each area took between four and seven days and this difference in time occurred due to the size difference of the sampled areas. The non-parametric Mann-Whitney U test was used to compare species density in native vegetation and monoculture

environments. The species were identified through a dichotomous key (Fowler *et al.*, 1993) and deposited in the entomological collection at the Ecology Laboratory of the Universidade Estadual de Goiás – Campus Morrinhos.

Six species of leaf-cutting ants were recorded in the sampled environments: *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758); *Atta laevigata* (Smith, 1858); *Acromyrmex subterraneus* (Forel, 1893); *Acromyrmex disciger* (Mayr, 1887); *Acromyrmex hispidus* (Santschi, 1925); *Acromyrmex ambiguus* (Emery, 1888) (Table 1). *Ac. subterraneus*, *Ac. disciger*, *Ac. hispidus*, and *Ac. ambiguus* were registered for the first time in Goiás (Figure 1) (Rando & Forti, 2005; Delabie *et al.*, 2011; Antweb, 2020). All four *Acromyrmex* species have been recorded in neighboring States, where *Ac. subterraneus* had closest records in the States of Mato Grosso, Minas Gerais, and Bahia. *Ac. disciger* had the closest record in the State of Minas Gerais, while *Ac. hispidus* and *Ac. ambiguus* had the closest records in the States of Bahia and Minas Gerais (Antmaps, 2020). The species were compared to the environment where they were recorded, the size of sampled areas, and the number of colonies recorded in each area (Table 1). We found no significant difference between species density in native vegetation and monoculture environments (native vegetation: median = 0.61 and monoculture: median = 0.43, U = 6, P = 0.56) (Figure 2).

The occurrence of the genus *Atta* was associated with land banks deposited on the sides of roads by leveling machines. The roads directly affect the establishment of new *Atta* colonies, as well as their dynamics (Vasconcelos *et al.*, 2006). Physical and chemical characteristics of soils, such as porosity, moisture, and fertility are crucial for colony establishment of leaf-cutting ants (Della Lucia *et al.*, 1987; Diehl-Fleig & Rocha, 1998; Soper *et al.*, 2019). However, soil propriety may represent a determinant factor in the composition of these ant communities (Kaspari & Weiser, 2007; Grześ *et al.*, 2015) since *campo sujo* and *campo limpo* environments were characterized by the presence of undeveloped rocky soils (lithosols), preserving sparse shrubs and grassy vegetation.



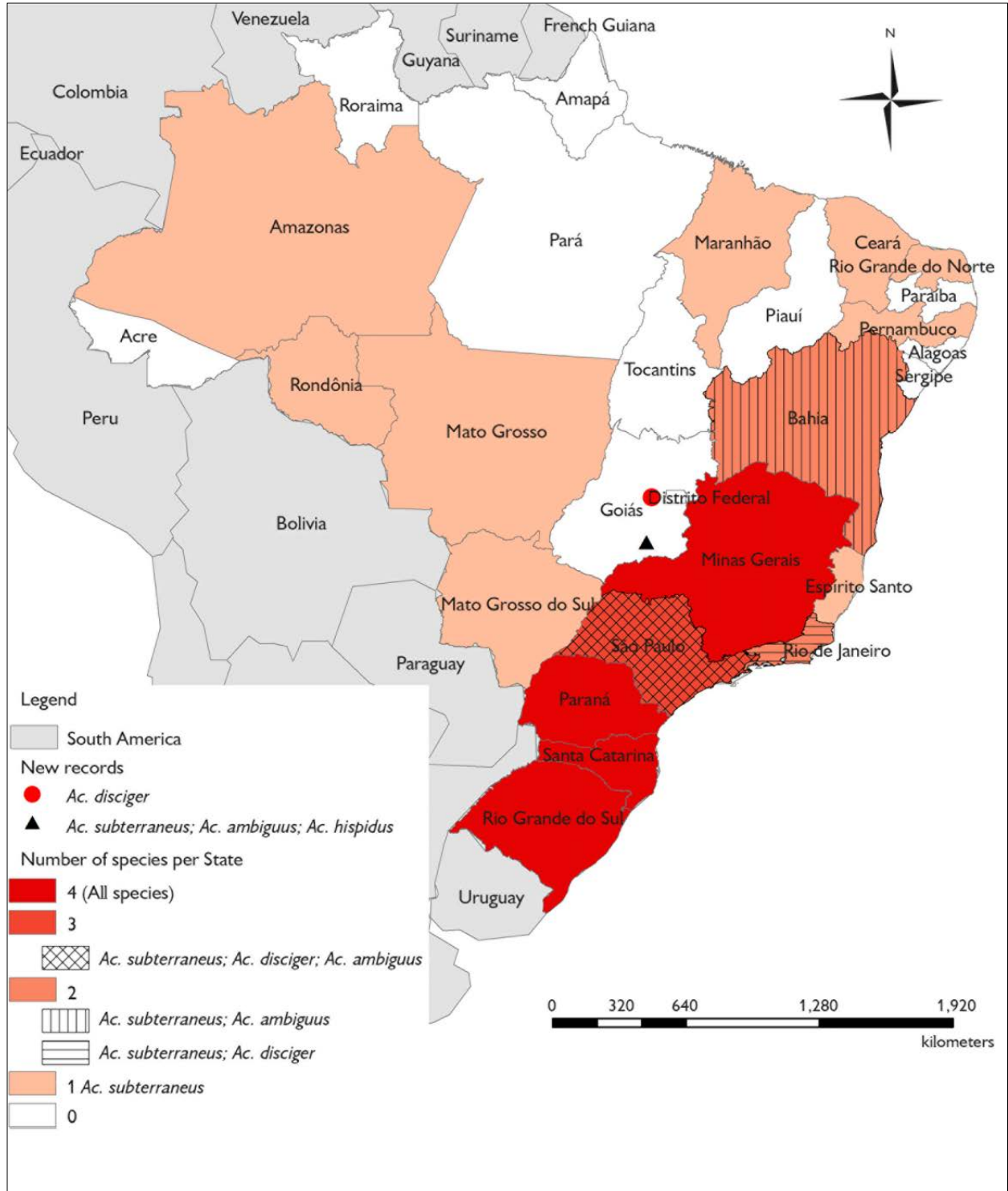
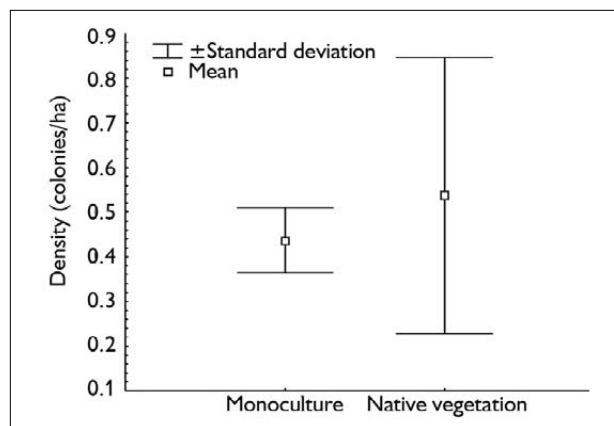


Figure 1. Distribution map of four *Acromyrmex* species in the Brazilian States, with new records for the State of Goiás, Brazil. Map: Micael Rosa Parreira (2020).

Table 1. Leaf-cutting ants found in native and monoculture environments in three municipalities of the State of Goiás, Brazil. Area in hectare and density in colonies/hectares.

Municipalities	Environment	Coordinates	Area	Density	Taxon
Morrinhos	Soybean	17° 44' 11.9" S 49° 03' 54.0" W	54.46	28 (0.51)	<i>Atta sexdens sexdens</i> <i>Atta laevigata</i>
Silvânia	Pasture	16° 36' 27.4" S 48° 47' 41.8" W	20.70	7 (0.34)	<i>Atta laevigata</i>
Morrinhos	Pasture	17° 49' 21.7" S 48° 53' 20.5" W	24.27	9 (0.37)	<i>Atta sexdens</i>
Morrinhos	Eucalyptus	17° 45' 54.3" S 49° 04' 49.4" W	46.41	23 (0.49)	<i>Atta sexdens sexdens</i> <i>Atta laevigata</i>
Pirenópolis	<i>Campo sujo</i>	15° 47' 22.7" S 48° 49' 58.5" W	09.55	9 (0.94)	<i>Acromyrmex disciger</i>
Silvânia	<i>Campo limpo</i>	16° 38' 27.7" S 48° 39' 26.9" W	13.66	6 (0.44)	<i>Atta sexdens sexdens</i> <i>Atta laevigata</i>
Silvânia	Riparian forest	16° 37' 51.3" S 48° 39' 52.8" W	24.99	5 (0.20)	<i>Atta sexdens rubropilosa</i>
Morrinhos	Riparian forest	17° 43' 30.7" S 49° 07' 47.0" W	43.56	34 (0.78)	<i>Atta sexdens sexdens</i> <i>Atta laevigata</i> <i>Acromyrmex subterraneus</i> <i>Acromyrmex ambiguus</i> <i>Acromyrmex hispidus</i>

Figure 2. Average density of leaf-cutting ant colonies in native vegetation (open *Cerrado* and riparian forest) and monoculture (eucalyptus, soybean, and pasture) environments.

The colonies of *Ac. disciger* in *campo sujo*, constructed with surface foliage fragments, indicate an adaptation to this type of environmental pressure. The colonies of *Atta* species that occurred in the pastures were restricted to the edges, close to riparian forests or dense *Cerrado* woodlands, where we found several foraging trails. This study expands the distribution of

*Ac. subterraneus*, *Ac. disciger*, *Ac. hispidus*, and *Ac. ambiguus* to the State of Goiás and compare the leaf-cutting ants of genera *Atta* and *Acromyrmex* in different environments, demonstrating the great importance of species survey studies.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We thank the *Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente de Morrinhos* and *Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis* (IBAMA) for permission to survey protected areas. We also thank the *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (CNPq) for a graduate research scholarship. We thank Micael Parreira and Pedro Borges for helping with the map. We also thank the reviewers for their contributions.

## REFERENCES

- ANTMAPS, 2020. **Species range maps**. Available from: <http://antmaps.org>. Accessed on: Feb. 19, 2020.
- ANTWEB, 2020. **AntWeb v8.14.2**. Available from: <http://www.antweb.org>. Accessed on: Feb. 19, 2020.

- BARRERA, C. A., E. L. BECKER, L. ELIZALDE & J. M. QUEIROZ, 2017. Parasitoid phorid flies of leaf-cutting ants are negatively affected by loss of forest cover. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 164(1): 66-77. DOI: <https://doi.org/10.1111/eea.12593>.
- DELABIE, J. H. C., H. S. R. ALVES, G. M. REUSS-STRENZEL, A. F. R. CARMO & I. C. NASCIMENTO, 2011. Distribuição das formigas-cortadeiras dos gêneros *Acromyrmex* e *Atta* no Novo Mundo. In: T. M. C. DELLA LUCIA (Ed.): **Formigas-cortadeiras: da biologia ao manejo**: 87-89. Editora Folha de Viçosa, Viçosa.
- DELLA LUCIA, T. M. C., 2003. Hormigas de importancia económica en la región Neotropical. In: F. FERNÁNDEZ (Ed.): **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**: 342-349. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá.
- DELLA LUCIA, T. M. C., E. F. VILELA & D. D. O. MOREIRA, 1987. Criando saúvas em laboratório. **Ciência Hoje** 6(35): 28-29.
- DIEHL-FLEIG, E. & E. S. ROCHA, 1998. Escolha do solo por fêmeas de *Acromyrmex striatus* (Roger) (Hymenoptera: Formicidae) para construção de ninho. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 27(1): 41-45. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0301-80591998000100005>.
- FOWLER, H. G., 1983. Distribution patterns of paraguayean leaf-cutting ants (*Atta* and *Acromyrmex*) (Formicidae: Attine). **Studies on Neotropical Fauna and Environment** 18(3): 121-138. DOI: <https://doi.org/10.1080/01650528309360626>.
- FOWLER, H. G., T. M. C. DELLA-LUCIA & D. D. O. MOREIRA, 1993. Posição taxonômica das formigas cortadeiras. In: T. M. C. DELLA LUCIA (Ed.): **As formigas cortadeiras**: 4-25. Editora Folha de Viçosa, Viçosa.
- GRZEŚ, I. M., M. OKRUTNIAK & M. WOCH, 2015. Monomorphic ants undergo within-colony morphological changes along the metal-pollution gradient. **Environmental Science and Pollution Research** 22(8): 6126-6134. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3808-5>.
- HÖLLDOBLER, B. & E. O. WILSON, 1990. **The ants**: 1-746. Belknap Press, Cambridge.
- KASPARI, M. & M. WEISER, 2007. The size-grain hypothesis: do macroarthropods see a fractal world? **Ecological Entomology** 32(3): 279-282. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2007.00870.x>.
- OLIVEIRA, M. A., M. S. ARAÚJO, G. C. MARINHO, M. M. R. RIBEIRO & T. M. C. DELLA LUCIA, 2011. Manejo de formigas-cortadeiras. In: T. M. C. DELLA LUCIA (Ed.): **Formigas-cortadeiras: da biologia ao manejo**: 400-419. Editora Folha de Viçosa, Viçosa.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. & J. A. RATTER, 2002. Vegetation physiognomies and wood flora of the Cerrado biome. In: P. S. OLIVEIRA & R. J. MARQUIS (Ed.): **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**: 91-120. Columbia University, New York.
- PESQUERO, M. A., L. A. BESSA, H. C. M. SILVA, L. C. SILVA & F. V. ARRUDA, 2010. Influência ambiental na taxa de parasitismo (Diptera: Phoridae) de *Atta laevigata* e *Atta sexdens* (Hymenoptera: Formicidae). **Revista de Biologia Neotropical** 7(2): 35-38.
- RANDO, J. S. S. & L. C. FORTI, 2005. Ocorrência de formigas *Acromyrmex* Mayr, 1865, em alguns municípios do Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences** 27(2): 129-133. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v27i2.1322>.
- RAO, M., 2000. Variation in leaf-cutter ant (*Atta* sp.) densities in forest isolates: the potential role of prediction. **Journal of Tropical Ecology** 16(2): 209-225. DOI: <https://doi.org/10.1017/S026646740000136X>.
- SANTOS, I. C. L., A. SANTOS, Z. OUMAR, M. A. SOARES, J. C. C. SILVA, R. ZANETTI & J. C. ZANUNCIO, 2019. Remote sensing to detect nests of the leaf-cutting ant *Atta sexdens* (Hymenoptera: Formicidae) in teak plantations. **Remote Sensing** 11(14): 1-12. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs11141641>.
- SOPER, F. M., B. W. SULLIVAN, B. B. OSBORNE, A. N. SHAW, L. PHILIPPOT & C. C. CLEVELAND, 2019. Leaf-cutter ants engineer large nitrous oxide hot spots in tropical forests. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences** 286(1894): 20182504. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.2504>.
- VASCONCELOS, H. L. & J. M. CHERRETT, 1995. Changes in leaf cutting ants population (Formicidae: Attini) after the clearing of mature forest in Brazilian Amazonia. **Studies on Neotropical Fauna and Environment** 30(2): 107-113. DOI: <https://doi.org/10.1080/01650529509360947>.
- VASCONCELOS, H. L., E. H. M. VIEIRA-NETO, F. M. MUNDIM & E. M. BRUNA, 2006. Roads alter the colonization dynamics of a keystone herbivore in Neotropical Savannas. **Biotropica** 38(5): 661-665. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2006.00180.x>.
- ZANETTI, R., K. JAFFÉ, E. F. VILELA, J. C. ZANUNCIO & H. G. LEITE, 2000. Efeito da densidade e do tamanho de saúveiros sobre a produção de madeira em eucaliptais. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 29(1): 105-112. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0301-80592000000100013>.









# Uma jornada científica na Amazônia: revisitando os 121 anos do acervo de Formicidae (Insecta: Hymenoptera) do Museu Paraense Emílio Goeldi

## A scientific journey in the Amazon: revisiting the 121 years of the collection of Formicidae (Insecta: Hymenoptera) at *Museu Paraense Emílio Goeldi*

Lívia Pires do Prado<sup>1, II</sup>  | César Augusto Chaves Favacho<sup>1</sup>  | Orlando Tobias Silveira<sup>1</sup>  | Rogério R. Silva<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Museu Paraense Emílio Goeldi/MCTIC. Belém, Pará, Brasil

<sup>II</sup>Universidade Federal do Pará. Programa de Pós-Graduação em Zoologia. Belém, Pará, Brasil

**Resumo:** Ao longo de mais de 100 anos de história, o acervo do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) acumulou uma expressiva quantidade de espécies de formigas coletadas por meio de expedições científicas e por sua atuação como instituição fiel depositária. Organizar, qualificar, estudar e disponibilizar essas informações tornam o acervo uma poderosa ferramenta para estudos em diferentes áreas. Neste artigo, reportamos um breve histórico dos principais acontecimentos científicos e históricos que refletiram na formação e consolidação do acervo de formigas do MPEG, atualmente com cerca de 300.000 espécimes. Também discutimos perspectivas e estratégias adotadas, visando tornar a coleção uma referência para estudos envolvendo formigas da região amazônica.

**Palavras-chave:** Biodiversidade. Prática curatorial. Mirmecologia. Coleta científica. Entomologia. Formigas.

**Abstract:** Over more than 100 years of history, the ant collection of the Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) has accumulated a large number of ant species collected through scientific expeditions and for its performance as a regular depository institution. Organizing, qualifying, studying and make this information available makes the collection a powerful tool for studies in different fields. Thus, in this paper, we report a brief history of the main scientific and historical events that reflected in the formation and consolidation of the ant collection of the MPEG, which currently has about 300,000 specimens. We also discussed perspectives and strategies adopted to make the collection a reference for studies on the ants in the Amazon Basin.

**Keywords:** Biodiversity. Curatorial practice. Myrmecology. Scientific collection. Entomology. Ants.

---

PRADO, L. P., C. A. C. FAVACHO, O. T. SILVEIRA & R. R. SILVA, 2020. Uma jornada científica na Amazônia: revisitando os 121 anos do acervo de Formicidae (Insecta: Hymenoptera) do Museu Paraense Emílio Goeldi. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(1): 245-255. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.277>.

Autora para correspondência: Lívia Pires do Prado. Museu Paraense Emílio Goeldi/MCTIC. Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia. Avenida Perimetral, 1901 – Terra Firme. Belém, PA, Brasil. CEP 66077-830 ([livia.pires7@gmail.com](mailto:livia.pires7@gmail.com)).

Recebido em 17/02/2020

Aprovado em 02/04/2020

Responsabilidade editorial: Rony Peterson Santos Almeida



A life accumulates a collection: of people, work,  
and perplexities. We are all our own curators  
(Fortey, 2008).

## INTRODUÇÃO

As coleções zoológicas são fundamentais para estudos de biodiversidade (Báthori *et al.*, 2017). Apesar de variarem em tamanho e finalidade, cada coleção é irreproduzível. Os organismos depositados nesses acervos representam momentos únicos na história dos ecossistemas, podendo, por exemplo, abrigar representantes da fauna já extinta de regiões alteradas pela ação antrópica, cuja diversidade real jamais seria conhecida não fossem as coleções (Taddei *et al.*, 1999; Zaher & Young, 2003).

Por abrigarem o material-testemunho da biodiversidade, as coleções zoológicas são consideradas um patrimônio, que deve ser zelado pelas instituições mantenedoras (Taddei *et al.*, 1999; de Vivo *et al.*, 2014). Os Museus de História Natural, com sua missão institucional de fiéis depositários, além de preservarem as amostras indefinidamente, tornam-nas disponíveis para estudo (de Vivo *et al.*, 2014).

O Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), o Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZSP) e o Museu Nacional do Rio de Janeiro (MNRJ) estão entre as instituições científicas mais antigas do Brasil, abrigando representativas coleções zoológicas (Taddei *et al.*, 1999; Marinoni & Marinoni, 2012). Para alguns grupos, essas coleções chegam a abrigar mais da metade dos espécimes coletados no Brasil (Fontana *et al.*, 2017).

Ao longo do século XX, além dos museus, outras instituições científicas, como universidades e institutos de pesquisas, constituíram importantes coleções zoológicas. Avaliações realizadas no início deste século estimaram que cerca de 26 milhões de espécimes foram depositados em coleções brasileiras, sendo o maior acervo de espécimes da região Neotropical no mundo (Zaher & Young, 2003).

## O MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

O MPEG foi fundado em 1866, ainda na época do regime imperial (Crispino *et al.*, 2005), pelo naturalista

e republicano Domingos Soares Ferreira Penna, com objetivo de trabalhar questões relacionadas à economia, à política, à saúde, à cultura e à biodiversidade da região amazônica. Devido ao desenvolvimento da pesquisa na Amazônia e como forma de resguardar a fauna e a flora da região, sua criação foi motivada principalmente pelas descobertas dos naturalistas que ali passaram e pelas remessas do material que constantemente era enviado ao MNRJ (Crispino *et al.*, 2005; Santos *et al.*, 2019).

Nos primeiros anos de fundação, o MPEG era um órgão de caráter regional e com orçamento limitado. Algumas décadas depois, durante o apogeu da economia da borracha (1894-1907), o zoólogo suíço Emílio Augusto Goeldi foi contratado para dirigir o MPEG, viabilizando a contratação de cientistas estrangeiros e colocando a instituição no cenário internacional (Faulhaber, 2008). Ainda neste período, o MPEG caiu nas graças do público, promovendo, desde o seu primeiro ano, índices expressivos de visitação à área que mantém um Parque Zoobotânico (Sanjad, 2008).

Tal como ocorre com muitos outros Museus de História Natural, é de se esperar que, ao longo de sua história, uma instituição mais do que centenária como o MPEG tenha enfrentado diversos períodos de crise (Crispino *et al.*, 2005). A mais impactante delas foi a crise da borracha. Todo suprimento para confeccionar os produtos oriundos da borracha – para a qual, na época, já havia grande demanda mundial – vinha da Amazônia, assim como seu transporte, que era feito obrigatoriamente pelo rio Amazonas. Isso acelerou a economia de Manaus e Belém e as tornou cidades ricas. Porém, no início de século XX, o monopólio amazônico da borracha sofreu um colapso quando as sementes das seringueiras foram transportadas para o sudeste asiático. Com a ausência das doenças endêmicas da borracha, foi possível cultivar seringueiras em plantações com grande eficiência econômica, tornando o produto oriundo da Ásia mais acessível do que o oferecido na Amazônia (Lovejoy, 2019). Isso provocou graves problemas financeiros em toda região amazônica, fazendo com que as receitas do estado do Pará se tornassem insuficientes para

custear as despesas do MPEG (Sanjad *et al.*, 2013). Como consequência, a limitação financeira provocou um declínio na pesquisa da região, deixando a instituição estagnada por um longo período. O MPEG, então, sobreviveu principalmente graças aos esforços da ornitóloga Emília Snethlage, que dirigiu a instituição nesse turbulento período (Lovejoy, 2019).

No início da década de 1950, foi iniciada uma nova era para a ciência da instituição, motivada pelo desejo do Brasil de exercer presença mais marcante na Amazônia (Lovejoy, 2019). A partir desta época, houve o fortalecimento da instituição, com a contratação de pesquisadores e técnicos e uma reorganização administrativa (Varela *et al.*, 2020). Atualmente, o MPEG é uma instituição de pesquisa vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) do Brasil (MPEG, 2020), sendo considerado um centro de referência na produção do conhecimento científico sobre a Amazônia em todos os seus aspectos (Crispino *et al.*, 2005).

## AS COLEÇÕES DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

As coleções do MPEG, assim como dos demais Museus de História Natural do Brasil, são centenárias, e desde o século XIX vêm recebendo grandes remessas de material proveniente de diversas fontes, que incluem principalmente amostras coletadas em expedições científicas e de estudos voltados para consultoria ambiental em áreas em processo de degradação ambiental na Amazônia, de modo que os acervos são compostos majoritariamente por material amazônico (Henriques & Gorayeb, 1993; de Vivo *et al.*, 2014).

Naturalistas de destaque em pesquisas sobre a diversidade biológica amazônica atuaram de várias formas no MPEG, como Emílio Goeldi, Adolpho Ducke, Jacques Huber, Emília Snethlage, Gottfried Hagmann e Osvaldo Rodrigues da Cunha. Suas atividades foram essenciais para a formação e a consolidação dos acervos (Santos *et al.*, 2019).

O MPEG conta, atualmente, com diversas coleções científicas pertencentes a quatro coordenações de pesquisa, sendo elas de: (i) Botânica – abrigando os acervos

de fungos e vegetais; (ii) Ciências da Terra – armazenando o acervo paleontológico, onde estão depositadas amostras de minerais, rochas, solos, paleontologia e palinologia; (iii) Zoologia – abrigando os acervos de invertebrados e vertebrados; e, finalmente, (iv) Ciências Humanas – com acervos em linguística, arqueologia, etnologia e um Centro de Documentação Permanente de Línguas e Culturas Indígenas da Amazônia (MPEG, 2020).

O MPEG também abriga a Biblioteca Domingos Soares Ferreira Penna. Idealizada em 1866 por Ferreira Penna e fundada em 1894 por Emílio Goeldi (Diniz, 1981), que a inaugurou fazendo doações de seu próprio acervo pessoal. A biblioteca é, atualmente, especializada nas áreas das ciências naturais e da terra, antropologia e áreas de intervenção do MPEG relacionadas com a Amazônia (Castro & Oliveira, 2016). O acervo conta com cerca de três mil obras raras, datadas desde o século XVI, sobre história natural, expedições e explorações, com expressivo valor científico e histórico para o estudo da região amazônica e das Américas (MPEG, 2020).

Desde 2014, por meio do projeto “Gerenciamento e uso das informações para ampliar a capacidade brasileira em conservar e utilizar a biodiversidade”, promovido pelo Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBr), os acervos do MPEG estão sendo informatizados. Os dados contidos nos rótulos e o número de tomo dos espécimes são inseridos em uma plataforma de banco de dados, através do programa de acesso gratuito *Specify*, desenvolvido pelo *Biodiversity Research Center* (Universidade de Kansas), e seus registros são disponibilizados para consulta pública (Santos *et al.*, 2019).

## A COLEÇÃO ENTOMOLÓGICA DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

A Coleção Entomológica do MPEG foi fundada em 1899, pelo especialista em vespas e abelhas Adolpho Ducke. De origem austro-húngara, Adolpho Ducke veio ao Brasil em 1899 a convite de Emílio Goeldi, onde atuou até o seu falecimento, durante uma expedição científica realizada no estado do

Ceará (Overal & Gorayeb, 1981). Durante o período em que esteve em atividade, Adolpho Ducke atuou em diferentes cargos na instituição (Crispino *et al.*, 2005), publicou 180 trabalhos nas áreas de entomologia e botânica, descrevendo cerca de 900 espécies novas. Suas viagens de campo cobriram praticamente toda a região amazônica (Egler, 1963).

Desde sua fundação, em 1899, a formação e o crescimento do acervo se devem a diversos pesquisadores, técnicos e estudantes, que inseriram grande quantidade de

material proveniente de diversas fontes (Overal & Gorayeb, 1981; Santos *et al.*, 2019). A maior parte do material entomológico depositado no acervo corresponde às ordens Coleoptera, Hymenoptera, Lepidoptera e Diptera. A coleção está distribuída em dois prédios no *Campus* de Pesquisa do MPEG, um abrigo espécimes em via seca e outro com espécimes em via úmida.

O prédio do Departamento de Entomologia (Figura 1A) abriga as coleções de insetos em via seca



Figura 1. Estrutura destinada a abrigar a Coleção Entomológica do MPEG: A) prédio das coleções de insetos em via seca; B) um dos armários onde está depositada parte do acervo em via seca; C) prédio das coleções de invertebrados em via úmida; D) armário compactador onde ficam depositadas as amostras em via úmida. Fotos: César Augusto Chaves Favacho (2020).

(Figura 1B), onde, por exemplo, estão os espécimes alfinetados; enquanto os espécimes-tipo ficam separados do restante da coleção, em um armário individualizado. Ainda nesse prédio estão situados os laboratórios onde os pesquisadores, alunos (de pós-graduação e iniciação científica) e técnicos (bolsistas e contratados) desenvolvem atividades de pesquisa e curadoria.

O prédio destinado a abrigar as coleções em via úmida foi construído recentemente, no ano de 2019 (Figura 1C). Neste novo espaço, estão incorporadas as coleções de invertebrados (Figura 1D), acondicionados em álcool, com a réplica de espécimes de insetos depositados na coleção em via seca, material de miscelânea que aguarda processamento e material de grupos que são, prioritariamente, acondicionados em álcool (e.g. Isoptera e imaturos de insetos). Ambos os prédios possuem sistema anti-incêndio nas coleções e nos laboratórios adjacentes (Santos *et al.*, 2019).

Desde 2003, o curador da Coleção Entomológica do MPEG é o Dr. Orlando Tobias Silveira. Os demais pesquisadores contratados pela instituição auxiliam nas atividades curatoriais dos grupos em que são especialistas.

## A COLEÇÃO DE FORMICIDAE DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

A Coleção de Formicidae do MPEG é composta por espécimes preservados em via seca e por material conservado em meio líquido (álcool 70% a 96%), que contém tanto réplicas de material alfinetado como também

imaturos. A estimativa do volume da coleção é de cerca de 300.000 espécimes, sendo a maior parte deles coletada nos estados que integram a Amazônia brasileira. Ainda assim, a coleção também está representada por espécimes registrados para todos os estados do Brasil e, em menor proporção, de material coletado no exterior.

Pelas diferentes áreas e táxons estudados pelos pesquisadores da instituição, os exemplares apresentam grande variedade de metodologias de coletas empregadas na captura dos espécimes ao longo de seus mais de 120 anos de existência. Dada a riqueza de informações do acervo, o histórico da coleção pode ser dividido em cinco fases (Figura 2).

### PRÉ-FORMAÇÃO DO ACERVO DE FORMIGAS

Quando a Coleção Entomológica foi fundada em 1899, o MPEG já existia há 33 anos. A maior parte dos espécimes de insetos coletados neste período foi enviada para instituições estrangeiras, prática que permaneceu ainda nas primeiras décadas do século XX, principalmente para os táxons para os quais não havia especialistas na instituição. No caso das formigas, Emílio Goeldi as enviava para seu amigo e pesquisador Auguste Henri Forel, um dos mirmecólogos mais produtivos na história da taxonomia de formigas. Esse material rendeu aos naturalistas do MPEG diversas homenagens (Figuras 3A e 3B); nos trabalhos de Forel, Emílio Goeldi teve 19 espécies nomeadas em sua homenagem, enquanto Adolpho Ducke foi homenageado com quatro espécies e Jacques Huber com três espécies.



Figura 2. Organograma resumindo em cinco fases a formação da coleção de formigas do MPEG.



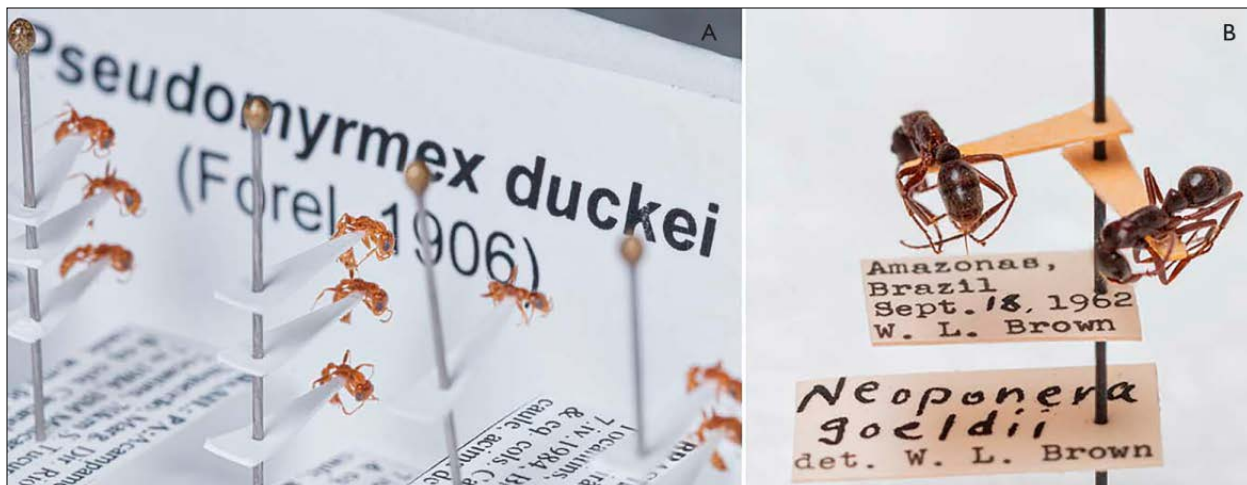


Figura 3. Espécimes de formigas pertencentes às espécies descritas em homenagem aos naturalistas do MPEG: A) homenagem a Adolpho Ducke; B) homenagem a Emílio Goeldi. Fotos: César Augusto Chaves Favacho (2020).

Foi também graças ao incentivo e ao material enviado por Emílio Goeldi que Forel publicou, em 1895, uma das primeiras listagens de espécies de formigas para o Brasil, intitulada “A fauna das formigas do Brasil”, no mesmo periódico do presente artigo, que, na época, se chamava Boletim do Museu Paraense de História Natural e Ethnographia (Forel, 1895).

### OS PRIMEIROS ANOS DO ACERVO DE FORMIGAS

O espécime mais antigo depositado na Coleção de Formigas do MPEG é uma *Neoponera commutata* (Roger, 1860), coletada por Edward A Klages próximo ao rio Caura (Venezuela), em 1899, no mesmo ano em que a coleção foi fundada. Aproximadamente neste período também foram incorporados espécimes de outras localidades, com destaque para o material que não foi enviado para instituições estrangeiras, coletado por Adolpho Ducke (Figura 4A) e Emília Snethlage (Figura 4B). As coletas de Adolpho Ducke foram realizadas entre os anos de 1902 a 1908, em diversas localidades do estado do Pará. O material de Emília Snethlage foi coletado em 1908, durante a lendária expedição científica na qual a naturalista fez uma travessia a pé,



Figura 4. Material histórico depositado na coleção de formigas do MPEG coletado pelos naturalistas Adolpho Ducke (A) e Emília Snethlage (B). Fotos: César Augusto Chaves Favacho (2020).

acompanhada somente por índios, no interflúvio entre os rios Tapajós e Xingu (Alberto & Sanjad, 2019).

O número de espécimes depositados na coleção neste período é baixo, se comparado com os padrões atuais de coletas, no entanto trata-se de um material de grande valor histórico e científico. O número reduzido de espécimes nestes primeiros anos reflete a ausência de um especialista em formigas na instituição, o envio de remessas ao exterior e também fatores históricos. De acordo com Vanzolini (2004), os naturalistas deste período trabalhavam sob grandes limitações de espaço. Por coletarem material botânico, zoológico, arqueológico e etnográfico, somado



às dificuldades que tinham em transportar material, optavam por coletar um número reduzido de exemplares.

### A CRISE E O RENASCIMENTO DO ACERVO

Ainda nas primeiras décadas do século XX, a crise da borracha e a Primeira Guerra Mundial, que geraram grandes tribulações orçamentárias, provocaram um longo período de estagnação, esvaziando o quadro técnico e científico do MPEG (Velthem *et al.*, 2019). Esse período afetou também o crescimento do acervo, que teve baixo incremento de espécimes. Os poucos registros datados para esta época se devem principalmente às doações ou às permutas realizadas posteriormente pelos curadores.

Em 1954, quando o MPEG passou a ser administrado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), novas contratações de entomólogos e técnicos foram realizadas (Overal & Gorayeb, 1981). Jan Karel Bechyné e Bohumila Springlova Bechyné foram os primeiros pesquisadores incorporados neste novo cenário. Embora o casal Bechyné fosse especialista em Chrysomelidae (Coleoptera), realizou expedições coletando diversos táxons, o que incluía formigas. Também investiu grande esforço na curadoria e no crescimento do acervo. Neste mesmo período, outros entomólogos contratados, como Dalcy de Oliveira Albuquerque, Isolda Rocha Silva Albuquerque e Roger Hippolyte Pierre Arlé, também incorporaram material de suas coletas ao acervo de formigas (Overal & Gorayeb, 1981).

É neste período que também começam a surgir as primeiras colaborações entre instituições que resultaram na permuta de grande quantidade de espécimes de formigas. A mais expressiva delas foi o “Convênio DZSP-MG”, na década de 1960 (Figuras 5A e 5B), uma parceria entre o então Departamento de Zoologia da Secretaria da Agricultura (DZSP), atual MZSP, e o MPEG, abreviado na época somente como MG (Museu Goeldi). O DZSP tinha como curador da coleção de formigas o entomólogo Karol Lenko (Klingenberg & Brandão, 2005), que foi o responsável por organizar expedições para coletar



Figura 5. Espécimes coletados através das parcerias entre o MZSP e o MPEG: A) espécimes coletados no estado do Amazonas e determinados por Karol Lenko; B) espécime coletado no estado do Pará. Fotos: César Augusto Chaves Favacho (2020).

formigas em diversas regiões da Amazônia brasileira. Posteriormente, este material foi identificado pelo próprio Lenko ou enviado para alguns dos mais ativos taxonomistas de formigas da época, como William Louis Brown Jr. e Walter Wolfgang Kempf, sendo posteriormente replicado nos dois acervos. A parceria entre as duas instituições perdura até os dias de hoje.

### A EXPANSÃO E A QUALIFICAÇÃO DO ACERVO

Durante a década de 1970, três passos significativos foram dados para a expansão do acervo, como (i) a contratação de técnicos e pesquisadores; (ii) a contratação do Dr. William Leslie Overal, o primeiro especialista em formigas da instituição; e (iii) a realização de recorrentes expedições de coletas e trabalhos voltados para consultoria ambiental, empregando diferentes metodologias.

A renovação do corpo técnico e científico na entomologia foi crucial para o crescimento do acervo. As décadas de 1970 e 1980 podem ser consideradas um dos períodos mais frutíferos para o acervo em termos de áreas de coleta amostradas, aliadas ao esforço curatorial. Durante este período, pesquisadores e técnicos investiram grandes esforços na realização de expedições científicas para a amostragem de variadas localidades que resultaram no depósito de longas séries das espécies coletadas.

William Overal, contratado em 1976 pelo MPEG, organizou diversas expedições em todas as regiões do país. As coletas de formigas eram realizadas principalmente de forma manual, o que possibilitou a localização, a observação e a captura de diversas colônias, adicionando informações sobre história natural nos rótulos e séries completas contendo diferentes castas e imaturos associados. Mesmo após algumas décadas dessas coletas terem ocorrido, o material ainda não foi estudado em sua totalidade, revelando, ainda, diversas novidades taxonômicas (e.g. pelo menos um novo gênero e diversas espécies novas).

Outro marco para o acervo foram as coletas conduzidas pelo dipterólogo Inocêncio de Sousa Gorayeb, iniciadas na década de 1970. Esse período foi marcado pelo início da inclusão de metodologias de coletas nos dados de rótulo dos espécimes. Inocêncio Gorayeb sempre teve grande interesse em testar diferentes metodologias de coletas durante as expedições em que participou, sendo, inclusive, um dos idealizadores de um tipo de armadilha suspensa para coleta entomológica na copa das árvores (Rafael & Gorayeb, 1982). Nestas amostragens, envolvendo principalmente a captura de insetos alados, diferentes táxons eram coletados, incluindo uma grande quantidade de formigas. Por conta disso, o MPEG conta com uma expressiva coleção de alados de formigas e espécies com hábito de vida arborícola.

Nesse importante período para a expansão do acervo, além da contribuição dos pesquisadores, cabe mencionar que diversos estudantes e técnicos passaram pelo MPEG, participando das expedições e auxiliando na curadoria e na identificação do material. Entre tantas pessoas que por esta instituição passaram, os nomes encontrados com maior frequência nos dados de rótulos dos espécimes de formigas são: “F. F. Ramos” (Francisco Ferreira Ramos), “C. Arcaño” (Cesarina do Nascimento Arcaño), “W. França” (Waldemar Miranda da Silva França), “R. B. Neto” (Ramiro Bittencourt Neto), “P. Nascimento” (Paulo Tadeu Rodrigues do Nascimento), “M. Zanuto” (Márcio Zanuto), “T. Pimentel” (Teresinha Pimentel),

“N. Bittencourt” (Raimundo Nonato Vasques Bittencourt), “B. Mascarenhas” (Bento Melo Mascarenhas), “M. F. Torres” (Maria Fernanda Pinto Torres) e “J. Dias” (José Dias), sendo os dois últimos (Figuras 6A e 6B) certamente os principais coletores de formigas neste período, em termos de número de espécimes e localidades. Todos esses nomes integraram ou ainda integram o corpo técnico e científico do MPEG, sendo profissionais com grande experiência em coleta, identificação e processamento de material entomológico (Overal & Gorayeb, 1981 - atualizado).

### A COLEÇÃO NOS DIAS DE HOJE

Desde o final da década de 1990, mais dois mirmecólogos foram contratados pelo MPEG. A taxonomista Ana Yoshi Harada, contratada como pesquisadora da instituição em 1996, e o ecólogo Rogério Rosa da Silva, contratado em 2013. Consequentemente, por liderarem projetos de pesquisa, orientarem alunos, supervisionarem técnicos e bolsistas e estabelecerem parcerias, a coleção tem se beneficiado com o depósito e a qualificação de seu acervo.

Desde sua contratação, Ana Harada tem se dedicado à curadoria do acervo de Formicidae. Ao longo de sua jornada no MPEG, a pesquisadora enviou material e recebeu diversos especialistas para identificação ou confirmação dos espécimes. Também conseguiu a doação de material e realizou diversas permutas, especialmente por meio de parcerias estabelecidas com o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), onde atuou por muitos anos, e com o MZSP, considerada a coleção referência para formigas na região Neotropical. A maior parte do material adquirido através de doação e permuta é composta por espécimes amostrados em localidades ainda não representadas na coleção, enriquecendo ainda mais o acervo. Também orientou e orienta diversos estudantes nas áreas de taxonomia, ecologia e na elaboração de inventários faunísticos. Ao longo de sua carreira, tem participado de diversas expedições de coleta e liderado diversos projetos na Amazônia, que em um futuro próximo terão seu material incorporado ao acervo.



Figura 6. Espécimes coletados pelos funcionários do MPEG que participaram ativamente das expedições de coleta da instituição: A) Maria Fernanda Pinto Torres; B) José Dias. Fotos: César Augusto Chaves Favacho (2020).

Com a contratação mais recente de Rogério R. Silva, em 2013, a coleção foi favorecida novamente. Tendo a ecologia como linha principal de pesquisa, Rogério R. Silva passou a maior parte de sua formação no MZSP, sob orientação de Carlos Roberto Ferreira Brandão. O fato de ter desenvolvido a carreira em ecologia de formigas no Laboratório de Sistemática, que abriga a maior coleção de formigas da região Neotropical, fomentou seu interesse em atuar em Museus de História Natural. Nesse sentido, as coletas idealizadas e coordenadas por Rogério R. Silva e seu grupo, além de alimentarem o acervo e contribuírem com os trabalhos de sistemática, também são planejadas para responder questões ecológicas voltadas à compreensão e à conservação da Amazônia. Somados a isso, grandes bancos de dados sobre morfologia, diversidade e biologia de formigas registradas para a região Neotropical estão sendo gerados.

Antes da contratação pelo MPEG, Rogério R. Silva liderou inúmeras expedições de coletas em todas as regiões do país, especialmente em áreas de Floresta Atlântica, Amazônia e Cerrado. Atualmente, parte deste material, antes depositado unicamente no MZSP, tem sido replicada na coleção do MPEG através da união de esforços dessas instituições. Como resultado, diversos táxons ainda não representados no acervo estão sendo depositados, incluindo o gênero de formigas *Tatuidris* Brown & Kempf, 1968 (Figura 7).



Figura 7. Espécime de *Tatuidris* recentemente depositado na coleção de formigas do MPEG. Foto: Lívia Pires do Prado (2020).

Além dos mirmecólogos, outros pesquisadores e seus orientados que trabalham com outros grupos também depositam espécimes de formigas coletados durante as expedições em que participam, sendo eles: Alexandre Bonaldo (amostras de *pitfall*, extrator de Winkler e guarda-chuva entomológico), Catarina Praxedes (amostras de *Tropical Soil Biology and Fertility* - TSBF e Malaise), Cléverton Santos (metodologias variadas), Fernando Carvalho Filho (principalmente material coletado manualmente, com informações de biologia associadas e metodologias variadas), Marlúcia Martins (principalmente amostras de Malaise) e Orlando Tobias Silveira (principalmente amostras de Malaise). Pesquisadores que integram o quadro de docentes da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e da Universidade Federal do Pará (UFPA) com frequência também enviam material das expedições de coletas na Amazônia.

Nos últimos anos, com a divulgação científica dos resultados dos trabalhos gerados no MPEG em eventos e periódicos científicos e em mídias sociais, a coleção de formigas da instituição tem despertado ainda mais o interesse de pesquisadores e estudantes em formação. Com frequência, o grupo de pesquisa em Mirmecologia do MPEG é procurado para identificação e

comparação de espécimes, além do depósito de material e estabelecimento de parcerias para a realização de coletas e trabalhos científicos. Por razões de espaço, deixamos de incluir um grande número de contribuidores e instituições que depositaram e depositam material no MPEG, embora sejam igualmente importantes para a expansão do acervo.

## PERSPECTIVAS

Como em toda coleção científica, o trabalho de curadoria do acervo é constante e interminável. Nos últimos anos, os esforços têm sido voltados principalmente para a elaboração de projetos que contemplem a curadoria da coleção e a contratação de bolsistas para o desenvolvimento de atividades técnicas ou projetos que envolvam o estudo do acervo. De acordo com os trabalhos em andamento envolvendo o processamento e a organização do material, o estudo dos espécimes, a elaboração de bancos de dados, a informatização do material e a produção de imagens em alta resolução de montagem em múltiplo foco e Microscopia Eletrônica de Varredura, é esperado que em um futuro próximo esses resultados sejam divulgados através da publicação de artigos e de capítulos de livros e que os principais bancos de dados sobre formigas sejam alimentados com essas informações, para que fiquem disponíveis a toda comunidade científica (e.g. AntWeb.org, AntMaps, Specify).

Entre os benefícios das coleções científicas já citados aqui, cabe destacar que o material depositado no acervo do MPEG, que contém grande valor histórico e científico, certamente auxiliará na resolução de questões extremamente importantes envolvendo a biodiversidade. Neste sentido, esperamos que cada vez mais sejam estimulados projetos para ampliação e aumento da representatividade da coleção de formigas através do financiamento de propostas que priorizem o estudo e a descrição da biodiversidade.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a José Dias (MPEG), por compartilhar informações sobre a história do acervo, e também

aos três revisores, pelos valiosos comentários e pelas críticas ao manuscrito. LPP agradece o financiamento da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - código de financiamento 001.

## REFERÊNCIAS

ALBERTO, D. & N. SANJAD, 2019. Emília Snethlage (1868-1929) e as razões para comemorar seus 150 anos de nascimento. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas** 14(3): 1047-1070. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981.81222019000300018>.

BÁTHORI, F., W. P. PFLIEGLER, C. U. ZIMMERMAN & A. TARTALLY, 2017. Online image databases as multi-purpose resources: discovery of a new host ant of *Rickia wasmannii* Cavara (Ascomycota, Laboulbeniales) by screening AntWeb.org. **Journal of Hymenoptera Research** 61: 85-94. DOI: <https://doi.org/10.3897/jhr.61.20255>.

CASTRO, J. L. & A. N. OLIVEIRA, 2016. Preservação digital em coleções bibliográficas da biodiversidade: o caso da Biodiversity Heritage Library no Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). **Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação** 14(1): 192-207. DOI: <https://doi.org/10.20396/rdbci.v14i1.8642124>.

CRISPINO, L. C. B., V. B. BASTOS & P. M. TOLEDO, 2006. **As origens do Museu Paraense Emílio Goeldi**: aspectos históricos e iconográficos (1860-1921): 1-414. Paka-Tatu, Belém.

DE VIVO, M., L. F. SILVEIRA & F. NASCIMENTO, 2014. Reflexões sobre coleções zoológicas, sua curadoria e a inserção dos Museus na estrutura universitária brasileira. **Arquivos de Zoologia** 45: 105-114. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2176-7793.v45iespp105-113>.

DINIZ, L., 1981. A Biblioteca do Museu Paraense Emílio Goeldi. **Acta Amazonica** 11(1): 189-206. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-43921981111s189>.

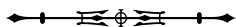
EGLER, W., 1963. Adolpho Ducke - traços biográficos, viagens e trabalhos. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Nova Série Botânica** (18): 3-130.

FAULHABER, P., 2008. Olhares histórico-comparativos sobre dois institutos de pesquisa na Amazônia (Brasil e Colômbia). **Cadernos de História da Ciência** 4(2): 10-34.

FONTANA, C. S., T. W. SILVA & J. P. SOUZA, 2017. Brazilian bird collections: a decade after Aleixo & Straube (2007). **Revista Brasileira de Ornitologia** 25: 254-262.

FOREL, A., 1895. A fauna das formigas do Brasil. **Boletim do Museu Paraense de Historia Natural e Ethnographia** 1: 89-139.

FORTEY, R., 2008. **Dry store room No. 1**: the secret life of the Natural History Museum. Harper Press, London.



- HENRIQUES, A. L. & I. S. GORAYEB, 1993. A coleção de Tabanidae (Insecta: Diptera) do Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, Pará, Brasil. **Goeldiana Zoologia** 20: 1-23.
- KLINGENBERG, C. & C. R. F. BRANDÃO, 2005. The type specimens of fungus growing ants, Attini (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) deposited in the Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia** 45(4): 41-50. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0031-10492005000400001>.
- LOVEJOY, T., 2019. A terra de canela e ouro: 500 anos de ciência e exploração na Amazônia. In: A. V. GALÚCIO & A. L. PRUDENTE (Ed.): **Museu Goeldi: 150 anos de ciência na Amazônia**: 33-48. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.
- MARINONI, R. C. & L. MARINONI, 2012. Breve histórico da entomologia brasileira. In: J. A. RAFAEL, G. A. R. MELO, C. J. B. CARVALHO, S. A. CASARI & R. CONSTANTINO (Ed.): **Insetos do Brasil**: 2-20. Holos, Ribeirão Preto.
- MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI (MPEG), 2020. Disponível em: <https://www.museu-goeldi.br>. Acesso em: 2 fevereiro 2020.
- OVERAL, W. L. & I. S. GORAYEB, 1981. Entomologia do Museu Goeldi em convênio com o CNPq. **Acta Amazonica** 11(1): 177-181. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-43921981111s177>.
- RAFAEL, J. A. & I. S. GORAYEB, 1982. Tabanidae (Diptera) da Amazônia I. Uma nova armadilha suspensa e primeiros registros de mutucas de copas de árvores. **Acta Amazonica** 12(2): 232-237. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-43921982121232>.
- SANJAD, N., 2008. A revitalização do Parque Zoobotânico do Museu Goeldi: em busca de uma nova relação com o público. **Museologia e Patrimônio** 1(1): 123-127.
- SANJAD, N., R. M. SNETHLAGE, M. JUNGHANS & D. C. OREN, 2013. Emília Snethlage (1868-1929): um inédito relato de viagem ao rio Tocantins e o obituário de Emil-Heinrich Snethlage. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas** 8(1): 195-221. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1981-81222013000100012>.
- SANTOS, C. R. M., D. AVIZ & E. Z. ALBUQUERQUE, 2019. Coleções biológicas do Museu Paraense Emílio Goeldi: 150 anos de história, estado atual e perspectivas futuras. In: A. V. GALÚCIO & A. L. PRUDENTE (Ed.): **Museu Goeldi: 150 anos de ciência na Amazônia**: 248-273. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.
- TADDEI, V. A., U. R. MARTINS, M. DEVIVO & A. R. PERCEQUILLO, 1999. O acervo das coleções zoológicas do estado de São Paulo. In: M. C. W. BRITO & C. A. JOLY (Ed.): **Biodiversidade do estado de São Paulo. Síntese do conhecimento ao final do século XX: infraestrutura para conservação da biodiversidade**: v. 7: 81-101. FAPESP, São Paulo.
- VANZOLINI, P. E., 2004. **Episódios da Zoologia Brasileira**: 1-212. Hucitec, São Paulo.
- VARELA, A., G. BAIÃO NETO, L. E. L. MELLO, M. R. F. FONSECA & F. J. C. MADUREIRA, 2020. Museu Paraense de História Natural e Etnografia. In: **Dicionário histórico-biográfico das ciências da saúde no Brasil (1832-1930)**. Disponível em: <http://www.dichistoriasaude.coc.fiocruz.br/fah/pt/pdf/muspareg.pdf>. Acesso em: 1 fevereiro 2020.
- VELTHEM, L. H. V., E. PEREIRA & A. V. GALÚCIO, 2019. Acervos culturais do Museu Paraense Emílio Goeldi: 150 anos de história e perspectivas futuras. In: A. V. GALÚCIO & A. L. PRUDENTE (Ed.): **Museu Goeldi: 150 anos de ciência na Amazônia**: 274-292. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.
- ZAHER, H. & P. S. YOUNG, 2003. As coleções zoológicas brasileiras: panorama e desafios. **Ciência e Cultura** 5: 24-26.





# A mirmecologia brasileira no século XXI: a coleção do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

## Brazilian mirmecology in the 21st century: the collection of the National Institute of Research in Amazonia

Itanna Oliveira Fernandes<sup>1</sup>  | Marcio Luiz de Oliveira<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus, Amazonas, Brasil

**Resumo:** Sediado na região de maior biodiversidade do planeta, o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) abriga milhões de organismos preservados, coletados principalmente na floresta amazônica. Os acervos mais antigos possuem mais de 60 anos e já testemunharam alterações de grande porte na biota amazônica. A coleção mirmecológica recebeu seus primeiros exemplares no início de 1970. Atualmente, essa coleção conta com mais de 300 mil exemplares montados em alfinetes, divididos em 225 gavetas, distribuídas em nove colunas em um corredor inteiro entre os armários compactadores. A coleção em via úmida conta com volume igual e talvez superior. Ao todo, a coleção de Formicidae possui representantes de 13 subfamílias e de 108 gêneros, entre espécies brasileiras e de outros países, bem como de outras regiões biogeográficas. A coleção também recebe bastante destaque ao possuir o maior acervo no mundo de machos da espécie *Martialis heureka*, com total de 21 exemplares. Considerada uma das cinco maiores coleções do país, os acervos da biota amazônica mantidos pelo INPA são de valor inestimável, reconhecidos em nível nacional e internacional pela sua importância estratégica e representatividade da fauna, flora e microbiota amazônica.

**Palavras-chave:** *Martialis heureka*. Material-tipo. Acervo mirmecológico. Curadoria.

**Abstract:** Based in the most biodiverse region on the planet, the collection of the National Institute of Research in the Amazon is home to millions of preserved organisms collected in the Amazon rainforest. The oldest collections are more than 60 years old and have already witnessed major changes in the Amazon biota. The myrmecological collection received its first specimens in the early 1970s. Currently, this collection has more than 300 thousand specimens mounted on pins, divided into 225 drawers, distributed in nine columns in an entire corridor between the compacting cabinets. The fluid preserved collection, the CD boxes and slides all together have an equal volume and perhaps a higher quantity of specimens. In total, the Formicidae collection includes representatives of 13 subfamilies and representatives from 108 genera, among Brazilian species and from other countries, as well as from other biogeographic regions. The collection also receives a lot of attention for being the world's largest collection of males of the species *Martialis heureka*, with a total of 21 specimens. Considered one of the five biggest biodiversity repositories in the country, the collections of the Amazon biota maintained by INPA are invaluable, recognized nationally and internationally for their strategic importance and representativeness of the Amazon fauna, flora and microbiota.

**Keywords:** *Martialis heureka*. Type-material. Myrmecological collection. Curation.

---

FERNANDES, I. O. & M. L. OLIVEIRA, 2020. A mirmecologia brasileira no século XXI: a coleção do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(1): 257-264. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.292>. Autora para correspondência: Itanna Oliveira Fernandes. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Coordenação de Biodiversidade (COBIO). Coleção de Invertebrados. Av. André Araújo, 2936 – Petrópolis. Manaus, AM, Brasil. CEP 69067-375 (itanna.fernandes@gmail.com).

Recebido em 16/03/2020

Aprovado em 05/04/2020

Responsabilidade editorial: Livia Pires do Prado



## O PCCB DO INPA

O Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) constitui uma das maiores referências da biodiversidade da Amazônia, representada, especialmente, por suas coleções científicas do Herbário, criado em 28 de julho de 1954, imediatamente após a fundação do instituto. Na década de 90, o INPA estabeleceu o Programa de Coleções Científicas Biológicas (PCCB), com objetivo de integrar e coordenar as iniciativas e atividades, visando a manutenção e o desenvolvimento dos acervos das coleções científicas biológicas do INPA.

Sediado na região de maior biodiversidade do planeta, o INPA abriga milhões de organismos coletados na floresta tropical e em seus rios (Sonderegger *et al.*, 1998), divididos em coleções botânicas (Herbário), de microrganismos (Coleção de Microrganismos de Interesse Agrossilvicultural e Coleção de Microrganismos de Interesse Médico) e zoológicas (Coleção de Aves, Mamíferos, Invertebrados, Peixes, Anfíbios e Répteis e Recursos Genéticos).

O PCCB mantém o maior acervo de espécies amazônicas na própria Amazônia, o que significa manter em condições adequadas e disponibilizar para consultas informações sobre a biodiversidade de uma região maior do que vários países do globo (com aproximadamente sete milhões de km<sup>2</sup>), sendo considerada a mais rica em espécies de plantas, insetos e peixes de água doce do planeta.

Os acervos mais antigos possuem mais de 60 anos e já testemunharam alterações de grande porte na biota amazônica, como a construção de grandes hidrelétricas, a exemplo de Balbina, Tucuruí, Belo Monte e Santo Antônio. Esses acervos trazem o registro da biodiversidade de áreas que nunca mais recuperarão a sua diversidade natural, sendo os únicos testemunhos da existência de várias espécies localmente extintas.

Essas coleções têm por finalidade básica manter representantes da biodiversidade amazônica fixados, elaborando e mantendo bancos de dados para fins de pesquisa. A manutenção desses bancos de dados também tem finalidade de orientar tomadores de decisão de políticas

públicas em nível nacional, regional, estadual e municipal, contribuindo, ainda, com a formação de estudantes e em estudos científicos feitos por pesquisadores.

Em 2010, com recursos advindos do Programa Grandes Vultos (do então Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações - MCTI), foram adquiridos armários deslizantes capazes de abrigar toda a coleção de invertebrados em via seca (Figura 1), a qual se encontrava em armários fixos e com pequena capacidade de armazenamento.

Em 2012, as coleções zoológicas desenvolveram um projeto que visava atualizar os dados biológicos presentes em seus acervos. Para tanto, essas curadorias optaram pela adoção do Specify 6.6 (The Specify Software Project, s. d.) como a plataforma computacional comum para informatizar, gerenciar e disseminar as informações constantes nas suas bases de dados.

Em 2013, foi implementado um sistema de refrigeração central com um esquema de filtragem do ar por carvão ativado. Em se tratando de região amazônica, a manutenção da temperatura e da umidade em uma coleção são essenciais para a boa conservação dos exemplares. Apenas em 2018 foi possível adquirir um gerador para suprir as constantes quedas no fornecimento de energia pela rede pública.

## COLEÇÃO DE INVERTEBRADOS

As primeiras coletas destinadas ao acervo da Coleção de Invertebrados do INPA foram iniciadas nos anos 1940 pelo então diretor do Instituto Max-Planck de Limnologia, Dr. Harald Sioli (Adis *et al.*, 1985), e por Nelson Leandro Cerqueira, de 1954 a 1969, com base em espécimes principalmente de Culicidae (Insecta: Diptera), coletados por ele e seus colaboradores nas proximidades de Manaus e em outros locais da região amazônica (Hutchings *et al.*, 2005).

Em outubro de 1976, a Coleção Entomológica foi formalmente criada (Ratcliffe, 1978; Ratcliffe & Penny, 1978), com a inclusão do material coletado pelos alunos do curso de pós-graduação em Entomologia do INPA. Durante esse período, dois sistematistas, Norman D. Penny (Mecoptera



Figura 1. Armários deslizantes da coleção de via seca dos invertebrados do INPA. Foto: Itanna O. Fernandes (2020).

e Neuroptera) e Brett C. Ratcliffe (Scarabaeidae), funcionários do INPA, receberam a missão de estabelecer e construir a Coleção Entomológica com representantes da fauna amazônica. Naquela época, a coleção recebeu um aporte de 50 mil espécimes alfinetados, 686 mil espécimes em via úmida e 20 mil em lâminas (Ratcliffe, 1978). Entre os grupos entomológicos, algumas famílias distribuídas entre as ordens Mecoptera, Neuroptera, Coleoptera, Lepidoptera e Diptera receberam maior atenção, devido à presença de especialistas nesses grupos.

O acervo total é estimado em mais de um milhão de insetos alfinetados, havendo ainda cerca de cinco milhões de espécimes preservados em caixas de CD, em mantas, em álcool e em lâminas, entre grupos de insetos e não insetos. O incremento anual é de pelo menos 50.000 espécimes. O primeiro catálogo de material-tipo de insetos possuía uma lista de tipos primários e secundários de 21 famílias, 39 gêneros e 104 espécies (63 holótipos e 245 parátipos) (Ratcliffe & Penny, 1978). O segundo já trazia 12 ordens, 41 famílias, 104 gêneros e 251 espécies (194 holótipos e 462 parátipos) (Rafael *et al.*, 1983). Atualmente, a coleção de tipos de invertebrados possui mais de mil espécies, sendo Insecta o grupo mais representativo, com total de 2.290 exemplares (tipos primários e secundários), pertencendo a 498 espécies (SpeciesLink, s. d.)

## COLEÇÃO MIRMECOLÓGICA

A coleção mirmecológica do INPA recebeu seus primeiros exemplares a partir de uma série de 54 espécies no início da década de 1970. As primeiras formigas foram: *Atta laevigata* (Smith, 1858), coletada e determinada em 11/08/1962 por W. L. Brown (INPA-HYM 025490); *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758), coletada por B. C. Ratcliffe em 21/10/1976 e determinada por R. Gonçalves (INPA-HYM 025500); e *Camponotus linnaei* Forel, 1886, coletada por J. Adis e determinada por W. Kempf em 1976 (Adis *et al.*, 1985). Em seguida, a coleção recebeu grandes aportes de vários pesquisadores, muitos não mirmecólogos, como Joaquim Adis, Bert Klein, Norman Penny e Brett Ratcliffe, que, ao final da década de 70, tiveram projetos e expedições aprovados para o Brasil. Atualmente, parte desse material está dividida entre a coleção de via úmida (álcool) e a de via seca (alfinetes). As armadilhas utilizadas por esses pesquisadores estavam direcionadas, contudo, para a coleta de insetos de uma forma geral, sendo elas as técnicas de fumigação, Berlese, Malaise e a armadilha luminosa. Com isso, um grande volume de invertebrados foi obtido e ainda está em processo de identificação.

Apesar das primeiras formigas depositadas na Coleção do INPA datarem do início de 1970, seus exemplares mais antigos datam da década de 1920, sendo elas *Ectatomma tuberculatum* (Olivier, 1791) e *Dolichoderus bidens* (Linnaeus, 1758), ambas coletadas por W. M. Wheeler em 01/07/1920 e 07/08/1920, respectivamente, e determinadas por W. L. Brown (INPA-HYM 030621 e INPA-HYM 022815, respectivamente). Esses exemplares foram doados por Brown (Smithsonian Institution - SI), durante o ano de 1980, após o acordo de cooperação bilateral entre o INPA (Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais – PDBFF) e o SI.

Muitos outros mirmecólogos contribuíram para a ampliação e a organização da coleção, entre eles Ana Y. Harada (Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG) e Herald Vasconcelos (Universidade Federal de Uberlândia - UFU). Ambos tiveram papel crucial na obtenção de material

via projetos, bem como para a realização de acordos de cooperação entre instituições. Ana Harada foi pesquisadora do INPA durante oito anos e é considerada a primeira mirmecóloga deste instituto, com contribuições nas áreas tanto taxonômica quanto ecológica, e seus trabalhos com *Dolichoderus* e *Azteca* são referências no país e no mundo (Harada, 1986, 1989; Harada & Benson, 1989). Com coletas direcionadas para a fauna de solo, utilizando tanto *pitfall* quanto armadilha tipo Winkler, ela obteve grande quantidade de formigas de serapilheira, o que contrastou bastante com a fauna obtida pelas coletas utilizando-se de fumigação, Malaise e armadilha luminosa (geralmente, com muitas espécies aladas ou arborícolas). Com isso, a coleção foi incrementada não somente por uma fauna obtida em solo, mas também por uma fauna pouco amostrada em inventários, como as formas aladas (machos e rainhas) e arbóreas (fumigação). Todo material obtido durante o período em que ela permaneceu no INPA está depositado na via úmida e seca do instituto, merecendo destaque pela grandiosidade dessa contribuição.

Já Heraldo Vasconcelos foi pesquisador do INPA durante 14 anos. Várias coletas foram realizadas por ele nas áreas do PDBFF, buscando estudar os efeitos da fragmentação florestal sobre a estrutura de comunidades de formigas (Vasconcelos, 1999; Carvalho & Vasconcelos, 1999; Laurance *et al.*, 2000, 2002). Ele também realizou coletas nos estados do Pará e de Mato Grosso. Após a sua partida para a Universidade Federal de Uberlândia, sua coleção mirmecológica foi incorporada ao acervo geral, representando um aporte de aproximadamente 12 mil formigas montadas em alfinetes na coleção principal. Durante os anos dedicados ao instituto, Vasconcelos foi auxiliado pelo técnico José M. S. Vilhena (parataxônomo), reconhecido mundialmente por sua dedicação à curadoria e à identificação das formigas. A contribuição de Vilhena é reconhecida não somente pelas muitas etiquetas distribuídas pela coleção mirmecológica do INPA, mas também pela homenagem recebida pelo taxônomo de renome mundial Barry Bolton (Bolton, 2000), com a espécie *Strumigenys vilhenai* Bolton, 2000.

Uma série de trabalhos de cunho ecológico desenvolvidos dentro do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio), em várias estações de coletas com delineamento amostral padronizado (Amazonas, Rondônia, Mato Grosso, Roraima e Acre), adicionou um número representativo (de aproximadamente 70 mil formigas em via seca e úmida) na coleção mirmecológica do INPA. Essas coletas foram realizadas pelos mirmecólogos Fabrício B. Baccaro e Jorge L. P. Souza, bem como por seus alunos de mestrado e doutorado.

Embora essa coleção seja majoritariamente amazônica, muitas formigas provenientes de doações e coletas, de outras regiões brasileiras e sul-americanas, como Colômbia, Venezuela, Guiana Francesa, Peru, Bolívia e Chile, podem ser encontradas no acervo. Outras coletas realizadas por grandes projetos (por exemplo, pela Rede Bionorte, entre 2013-2018; Sisbiota Caatinga, entre 2012-2014; INCT/artrópodes na Amazônia, em 2014; Pronex/AM, 2007-2011; expedição novas espécies/Serra da Mocidade, em 2017; Projeto Fronteiras, entre 2005-2012; e Projeto Pró-Amazônia, entre 2017-2018) complementam a coleção, agregando localidades de difícil acesso, como são os casos das serras Mocidade, em Roraima, do Aracá, no Amazonas, ou longínquas, como o Parque Nacional Sete Cidades, no Piauí, e o Parque Nacional de Ubajara, no Ceará.

Recentemente, a coleção mirmecológica do INPA recebeu todo o acervo das coletas realizadas na construção da Usina Hidrelétrica de Santo Antônio, em Rondônia, construída nas margens do rio Madeira. O monitoramento da mirmecofauna durou oito anos (2011-2018) e acompanhou as etapas de pré e pós-enchimento do reservatório da usina (Fernandes & Souza, 2018). Ao todo, mais de 52 mil formigas foram coletadas durante o monitoramento, e estão dispostas na coleção de via úmida e seca do INPA. Em 2017, os dados obtidos pelo monitoramento foram considerados únicos no mundo, destacando uma biodiversidade nunca antes amostrada frente às mudanças causadas pelo impacto de uma usina hidrelétrica no meio da Amazônia, o que foi reconhecido pelo Sistema Global de Informação sobre

Biodiversidade (GBIF/Young Researchers Award - 2017) (Fernandes & Souza, 2017).

Atualmente, a coleção mirmecológica conta com mais de 300 mil exemplares montados em alfinetes, divididos em 225 gavetas, distribuídas em nove colunas em um corredor inteiro entre os armários compactadores (Figura 2). A coleção em via úmida conta com volume igual e talvez superior, sendo que muitas das espécies foram coletadas nas décadas de 80 e 90 (fumigação e malaise), ainda necessitando de curadoria.

Ao todo, a coleção conta com representantes de 13 subfamílias de Formicidae, sendo elas: Agroecomyrmecinae, Amblyoponinae, Dolichoderinae, Dorylinae, Ectatomminae, Formicinae, Heteroponerinae, Martialinae, Myrmicinae, Paraponerinae, Ponerinae, Proceratiinae e Pseudomyrmecinae. São 108 gêneros, entre espécies brasileiras e de outros países, bem como de outras regiões biogeográficas. Entre os gêneros, podemos destacar alguns que são pouco coletados, como *Tatuidris* (Agroecomyrmecinae), *Proceratium* e *Probolomyrmex* (Proceratiinae) e *Myrcidris* (Pseudomyrmecinae). Outros gêneros pertencentes à subfamília Dolichoderinae, como *Iridomyrmex*, *Liometopum*, *Ochetellus* e *Philidris*, procedentes de outras regiões biogeográficas (Neártica, Indomalaia e Australásia), bem como gêneros não amazônicos, como



Figura 2. Armários e gavetas do acervo mirmecológico do INPA. Foto: Itanna O. Fernandes (2020).

*Diaphoromyrma* (Myrmicinae), e raros, como *Cryptomyrmex*, *Eurhopalothrix*, *Kalathomyrmex*, *Kempfidris*, *Lachnomyrmex*, *Stegomyrmex* e *Talaridris* (Myrmicinae), também podem ser consultados no acervo da coleção mirmecológica do INPA.

Esta coleção também recebe bastante destaque por possuir o maior acervo de machos da espécie *Martialis heureka* Rabeling & Verhaagh, 2008 (Martialinae) no mundo (Figuras 3 e 4), com 21 exemplares, divididos entre via seca (6 exemplares) e via úmida (15 exemplares) (Boudinot, 2015).

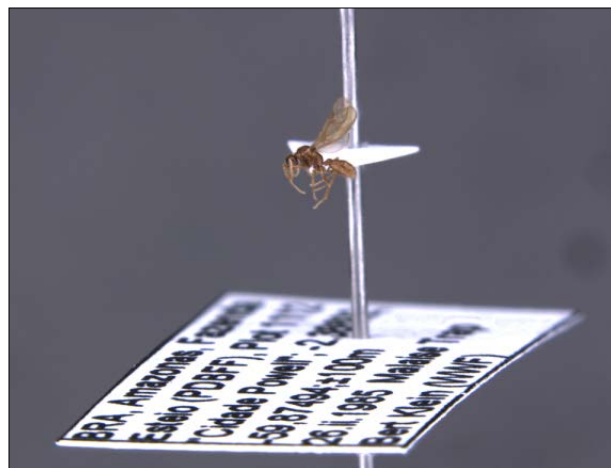


Figura 3. Macho de *Martialis heureka* montado em alfinete pertencente ao acervo mirmecológico do INPA (INPA-HYM 031370). Foto: Itanna O. Fernandes (2020).



Figura 4. Vista lateral do macho de *Martialis heureka* (INPA-HYM 031370). Foto: Itanna O. Fernandes (2020).



Operárias de *Martialis heureka* foram coletadas em maio de 2003 na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Amazônia Ocidental, em Manaus, mas a espécie veio a ser descrita apenas em 2008. Durante a coleta, alguns exemplares das formigas foram perdidos, enquanto outros ressecaram nos frascos devido à evaporação do álcool. Com isso, uma única operária inteira e restante, o holótipo (depositada no Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo - MZSP), serviu de base para a descrição de uma nova subfamília para Formicidae. Ao que tudo indica, essa espécie, devido a um conjunto de caracteres, como o tegumento pálido e a ausência de olhos, possui hábito subterrâneo, vivendo, provavelmente, em ambientes cobertos ou de pouca luz, em cavidades pré-existentes, solo ou em galerias de madeira podre (Rabeling *et al.*, 2008). Em 2014, machos de *Martialis heureka* foram finalmente encontrados em amostras de malaise de Bert Klein (coletadas em 1985), depositadas na coleção de invertebrados do INPA.

A coleção de tipos de Formicidae conta com 36 espécies-tipo nas seguintes subfamílias: Dolichoderinae, Dorylinae, Myrmicinae, Ponerinae, Proceratiinae e Pseudomyrmecinae. Os exemplares-tipo mais antigos da coleção datam da década de 1920 e pertencem à subfamília Dolichoderinae: *Dolichoderus smithi* Mackay, 1993 (1 parátipo), coletado em 1921 por W. M. Mann, e *Dolichoderus validus* (Kempff, 1959), coletado em 1923 por W. M. Wheeler (1 parátipo).

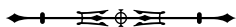
Atualmente, um projeto visando à disponibilização dos dados via *online* vem sendo desenvolvido, e todos os tipos da coleção de Insecta, incluindo as formigas, estão sendo fotografados, bem como as informações de etiquetas estão sendo verificadas e inseridas na plataforma Specify. O intuito do projeto é disponibilizar no portal das coleções do INPA o acesso aos dados do material-tipo, assim como é feito por instituições como o Museu de Zoologia de Harvard (MCZ) e do Smithsonian Institution (SI/NMHN). A disponibilização de imagens desses tipos também ajudará vários especialistas (estudantes de pós-graduação e pesquisadores), ao redor do mundo, na identificação e

confirmação de diversos táxons, além de colocar a coleção mirmecológica do INPA em posição de destaque em uma iniciativa mundial de compartilhamento de informações. Vale lembrar que muitos desses tipos nunca haviam sido fotografados, e suas descrições, muitas vezes, contam apenas com ilustrações ou somente informações imprecisas.

Considerada uma das cinco maiores coleções do país, a do INPA – com seus acervos da biota amazônica mantidos e de valor inestimável – é reconhecida em nível nacional e internacional, pela sua importância estratégica e representatividade da fauna, flora e microbiota amazônica. A coleção mirmecológica vem, com o passar dos anos, ganhando notoriedade, graças ao trabalho de inúmeros pesquisadores e estudantes que passaram ou permaneceram no INPA. Hoje, a coleção é mundialmente consultada e requisitada para estudos de cunho taxonômico, sistemático, biogeográfico e ecológico, o que pode ser facilmente confirmado pelas inúmeras publicações citando material proveniente desta coleção (Souza *et al.*, 2007, 2009, 2012, 2016; Boudinot, 2015; Fernandes *et al.*, 2014a, 2014b, 2015a, 2015b, 2019; Fernandes & Delabie, 2019; Fernandes & Souza, 2018, 2019; Ješovnik & Schultz, 2017; Guilherme *et al.*, 2019; Camacho *et al.*, 2020), além de uma série de trabalhos de conclusão de curso (TCC), iniciação científica (IC), dissertações de mestrado e teses de doutorado que foram concluídos ou estão em andamento.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coleção de Invertebrados do INPA, por permitir o uso do equipamento fotográfico (M205A) utilizado neste trabalho e também por fornecer as instalações para pesquisas. À Lívia Pires do Prado, pelo convite para elaborar o presente manuscrito. A todos os pesquisadores, alunos, colaboradores, técnicos e visitantes que forneceram importantes identificações e nos ajudaram a organizar a coleção mirmecológica no decorrer dos últimos anos. I.O.F. é grata pela bolsa de pós-doutorado PNPd/INPA/CAPES. M.L.O. é bolsista do CNPq-Brasil (processo 306100/2016-9).





## REFERÊNCIAS

- ADIS, J., W. J. JUNK & N. D. PENNY, 1985. Material zoológico depositado nas coleções sistemáticas de entomologia do INPA, resultante do "Projeto INPA/MAX-PLANK" (Convênio CNPq/MGP). **Acta Amazonica** 15(3-4): 481-504. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-43921985153504>.
- BOLTON, B., 2000. The ant tribe Dacetini. **Memoirs of the American Entomological Institute** 65: 1-1028.
- BOUDINOT, B. E., 2015. Contributions to the knowledge of Formicidae (Hymenoptera, Aculeata): a new diagnosis of the family, the first global male-based key to subfamilies, and a treatment of early branching lineages. **European Journal of Taxonomy** (120): 1-62. DOI: <http://dx.doi.org/10.5852/ejt.2015.120>.
- CAMACHO, G. P., W. FRANCO & R. M. FEITOSA, 2020. Additions to the taxonomy of *Gnamptogenys* Roger (Hymenoptera: Formicidae: Ectatomminae) with an updated key to the New World species. **Zootaxa** 4747(3): 450-476.
- CARVALHO, K. S. & H. L. VASCONCELOS, 1999. Forest fragmentation in central Amazonia and its effects on litter-dwelling ants. **Biological Conservation** 91(2-3): 151-158. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00079-8](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00079-8).
- FERNANDES, I. O., M. L. OLIVEIRA & J. H. C. DELABIE, 2014a. Notes on biology of Brazilian populations of ants of the *Pachycondyla foetida* species complex (Formicidae: Ponerinae). **Sociobiology** 60(4): 380-386. DOI: <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v60i4.380-386>.
- FERNANDES, I. O., M. L. OLIVEIRA & J. H. C. DELABIE, 2014b. Description of two new species in the Neotropical *Pachycondyla foetida* complex (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae) and taxonomic notes on the genus. **Myrmecological News** 19: 133-163.
- FERNANDES, I. O., J. L. P. SOUZA, J. H. C. DELABIE & F. C. FERNÁNDEZ, 2015a. New records of the dorylinae ant genus *Cheliomyrmex* for the Brazilian Amazon Basin. **Sociobiology** 62(1): 128-131. DOI: <http://dx.doi.org/10.13102/sociobiology.v62i1.128-131>.
- FERNANDES, I. O., J. L. P. SOUZA, F. C. FERNÁNDEZ, J. H. C. DELABIE & T. R. SCHULTZ, 2015b. A new species of *Simopelta* (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae) from Brazil and Costa Rica. **Zootaxa** 3956(2): 295-300. DOI: <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3956.2.10>.
- FERNANDES, I. O. & J. L. P. SOUZA, 2017. Environmental monitoring of ants (Hymenoptera: Formicidae) in the influence areas of Santo Antônio Hydroelectric Power-Plant in Rondônia, Brazil. Version 1.7. **Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira – SiBB**. DOI: <https://doi.org/10.15468/gz2tvs>.
- FERNANDES, I. O. & J. L. P. SOUZA, 2018. Dataset of long-term monitoring of ground-dwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) in the influence areas of a hydroelectric power plant on the Madeira River in the Amazon Basin. **Biodiversity Data Journal** 6: e24375. DOI: <https://doi.org/10.3897/BDJ.6.e24375>.
- FERNANDES, I. O. & J. L. P. SOUZA, 2019. New records of *Syscia* Roger, 1861 (Hymenoptera: Formicidae: Dorylinae) in South America. **Entomological Communications** 1: ec01012. DOI: <https://doi.org/10.37486/2675-1305.ec01012>.
- FERNANDES, I. O., J. H. C. DELABIE & F. C. FERNÁNDEZ, 2019. Contribution to the knowledge of the genus *Proceratium* Roger (Hymenoptera: Formicidae: Proceratinae) in the new world. **Sociobiology** 66(4): 551-559. DOI: <http://dx.doi.org/10.13102/sociobiology.v66i4.4484>.
- FERNANDES, I. O. & J. H. C. DELABIE, 2019. A new species of *Cryptopone* Emery (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae) from Brazil with observations of the genus and a key for new word species. **Sociobiology** 66(3): 408-413. DOI: <http://dx.doi.org/10.13102/sociobiology.v66i3.4354>.
- GUILHERME, D. R., J. L. P. SOUZA, E. FRANKLIN, P. A. C. L. PEQUENO, A. C. CHAGAS & F. B. BACCARO, 2019. Can environmental complexity predict functional trait composition of ground-dwelling ant assemblages? A test across the Amazon Basin. **Acta Oecologica** 99: 103434. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2019.05.004>.
- HARADA, A. Y., 1986. Uma nova espécie do gênero *Monacis* Roger, da Amazônia (Hymenoptera: Formicidae). **Acta Amazonica** 16(17): 599-606. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-43921986161606>.
- HARADA, A. Y., 1989. Estrutura de colônias de *Azteca alfari* (Formicidae: Dolichoderinae) em plantas do gênero *Cecropia* (Moraceae). **Revista Brasileira de Entomologia** 33(2): 169-182.
- HARADA, A. Y. & W. W. BENSON, 1989. Espécies de *Azteca* (Hymenoptera: Formicidae) especializadas em *Cecropia* (Moraceae): distribuição geográfica e considerações ecológicas. **Revista Brasileira de Entomologia** 32(3-4): 423-435.
- HUTCHINGS, R. S. G., M. A. M. SALLUM, R. L. M. FERREIRA & R. W. HUTCHINGS, 2005. O acervo de mosquitos (Diptera, Culicidae) de Nelson L. Cerqueira na Coleção de Invertebrados do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia** 49(1): 15-28. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0085-56262005000100004>.
- JEŠOVNIK, A. & T. R. SCHULTZ, 2017. Revision of the fungus-farming ant genus *Sericomyrmex* Mayr (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae). **ZooKeys** 670: 1-109. DOI: <https://doi.org/10.3897/zookeys.670.11839>.

- LAURANCE, W. F., H. L. VASCONCELOS & T. E. LOVEJOY, 2000. Forest loss and fragmentation in the Amazon: implications for wildlife conservation. **Oryx** 34(1): 39-45. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3008.2000.00094.x>.
- LAURANCE, W. F., T. E. LOVEJOY, H. L. VASCONCELOS, E. M. BRUNA, R. K. DIDHAM, P. C. STOUFFER, C. GASCON, R. O. BIERREGAARD, S. G. LAURANCE & E. SAMPAIO, 2002. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments, a 22-year investigation. **Conservation Biology** 16(3): 605-618. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.01025.x>.
- RABELING, C., J. M. BROWN & M. VERHAAGH, 2008. Newly discovered sister lineage sheds light on early ant evolution. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** 105(39): 14913-14917. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0806187105>.
- RAFAEL, J. A., N. D. PENNY & A. Y. HARADA, 1983. Relação dos tipos de invertebrados depositados na Coleção de Entomologia Sistemática do INPA - Manaus, até dezembro de 1982. **Acta Amazonica** 13(5-6): 911-926. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-439219831356911>.
- RATCLIFFE, B. C., 1978. The systematic entomology collections of Brazil's National Institute for Amazonian Research (INPA). **Bulletin of the Entomological Society of America** 24: 62.
- RATCLIFFE, B. C. & N. D. PENNY, 1978. Catálogos dos tipos de invertebrados depositados nas coleções entomológicas do INPA-Manaus. **Acta Amazonica** 8(4): 689-697.
- SONDEREGGER, J., P. PETRY, J. L. CAMPOS DOS SANTOS & N. F. ALVES, 1998. An entomological collections database model for INPA. In: T. W. LING, S. RAM & M. LI LEE (Ed.): **Conceptual modeling – ER '98**. ER 1998. Springer (Lecture Notes in Computer Science, v. 1507), Berlin, Heidelberg.
- SOUZA, J. L. P., C. A. R. MOURA, A. Y. HARADA & E. FRANKLIN, 2007. Diversidade de espécies dos gêneros de *Crematogaster*, *Gnamptogenys* e *Pachycondyla* (Hymenoptera: Formicidae) e complementaridade dos métodos de coleta durante a estação seca numa estação ecológica no Estado do Pará, Brasil. **Acta Amazonica** 37(4): 649-656. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672007000400022>.
- SOUZA, J. L. P., P. Y. OLIVEIRA, F. B. BACCARO & E. FRANKLIN, 2009. Ant species distribution along a topographic gradient in a 'terra-firme' forest reserve in Central Amazonia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 44: 852-860. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000800008>.
- SOUZA, J. L. P., F. B. BACCARO, V. L. LANDEIRO, E. FRANKLIN & W. E. MAGNUSSON, 2012. Trade-offs between complementarity and redundancy in the use of different sampling techniques for ground-dwelling ant assemblages. **Applied Soil Ecology** 56: 63-73. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2012.01.004>.
- SOUZA, J. L. P., F. B. BACCARO, V. L. LANDEIRO, E. FRANKLIN, W. E. MAGNUSSON, P. A. C. L. PEQUENO & I. O. FERNANDES, 2016. Taxonomic sufficiency and indicator taxa reduce sampling costs and increase monitoring effectiveness for ants. **Diversity and Distributions** 22(1): 111-122. DOI: <https://doi.org/10.1111/ddi.12371>.
- SPECIESLINK, [s. d.]. Disponível em: <http://www.splink.org.br/>. Acesso em: fevereiro de 2020.
- THE SPECIFY SOFTWARE PROJECT, [s. d.]. **Specify Software Project**. Disponível em: <http://specifyx.specifysoftware.org/>. Acesso em: fevereiro de 2020.
- VASCONCELOS, H. L., 1999. Levels of leaf herbivory in Amazonian trees from different stages in forest regeneration. **Acta Amazonica** 29(4): 615-623. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-43921999294623>.

# Um acervo centenário: a história da Coleção de Formigas (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo

## A centenary collection: the Ant Collection of the *Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo*

Mônica Antunes Ulysséa<sup>1</sup>  | Carlos Roberto Ferreira Brandão<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. Laboratório de Sistemática, Evolução e Biologia de Hymenoptera. São Paulo, São Paulo, Brasil

**Resumo:** A Coleção de Formigas do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZSP) representa uma amostra inestimável da biodiversidade de formigas, principalmente da região neotropical. Seu acervo foi formado a partir da contribuição de naturalistas-viajantes, de mirmecólogos reconhecidos por suas contribuições científicas, do desenvolvimento de pesquisas e por sua atuação como instituição fiel depositária. Abriga uma expressiva quantidade de material-tipo, comporta 4.741 espécimes-tipos de 892 espécies, amplamente distribuídos. A prática curatorial constante e adequada é um dos grandes desafios da coleção, que serve como base para a formação de pessoal especializado em diversas áreas integrantes do grande campo de biodiversidade. No presente artigo, apresentamos um breve histórico do MZSP e um relato mais detalhado sobre a criação, a expansão e a qualificação do acervo da Coleção de Formigas do MZSP, que atualmente conta com quase 440 mil espécimes em via seca, além de amostras não quantificadas em via úmida.

**Palavras-chave:** Biodiversidade. Coleção científica. Entomologia. Mirmecologia. Prática curatorial.

**Abstract:** The Formicidae Collection of the *Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo* (MZSP) is an invaluable representation of the ant's biodiversity, especially from the Neotropical Region. The collection was formed through the contribution of naturalists, authorities in myrmecology, by the results of scientific projects and by virtue of its role as a judicial keeper of ant samples gathered from different scientific studies. In addition to housing a significant number of type material, being 4,741 type specimens of 892 species widely distributed. The constant and adequate curatorial practices necessary for its maintenance and study is one of the major challenges faced by curators. These practices are also a basis for the training of specialized personnel, students and researchers in the biodiversity field. In this work, we present a brief history of the MZSP and a more detailed account of the formation, expansion and qualification of the Formicidae Collection of the MZSP, which currently houses almost 440 thousand pinned specimens, in addition to non-quantified samples in alcohol vials.

**Keywords:** Biodiversity. Curatorial practice. Entomology. Myrmecology. Scientific collection.

---

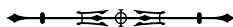
ULYSSEÁ, M. A. & C. R. F. BRANDÃO, 2020. Um acervo centenário: a história da Coleção de Formigas (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(1): 265-276. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.291>.

Autora para correspondência: Mônica Antunes Ulysséa. Av. Nazaré, 481 – Ipiranga. São Paulo, SP, Brasil. CEP 04263-000 (monicaulyssea@gmail.com).

Recebido em 12/03/2020

Aprovado em 12/04/2020

Responsabilidade editorial: Livia Pires do Prado



## BREVE HISTÓRICO SOBRE A FORMAÇÃO DO MZSP

O Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZSP) foi criado em 1969, mas a história do seu acervo é mais antiga do que a da própria universidade (fundada em 1934). Sua origem data de 1866, ano de criação da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo (CGG), cujo objetivo era percorrer o território paulista visando reconhecer e avaliar os potenciais da região e expandir a cultura do café. O geólogo norte-americano Orville Adelbert Derby (1851-1915), então pesquisador do Museu Imperial e Nacional (Rio de Janeiro), foi nomeado chefe da comissão. Orville idealizou a criação e a organização de um museu com o acervo resultante das expedições da CGG, abrangendo as áreas de Geografia, História e Geologia (Vanzolini, 1994; Brandão & Samara, 2005; Brandão & Costa, 2007; Landim, 2011, 2018; MZSP, 2019; Nearn *et al.*, 2019; Museu Paulista, 2020). Os dados sobre o material coligido pela CGG podem ser encontrados nos arquivos do Museu Geológico de São Paulo (MUGEO).

Paralelamente, o Museu Sertório, de propriedade do coronel Joaquim Sertório, foi organizado pelo naturalista sueco Johan Albert Constantin Löfgren (1854-1918) e possuía reconhecido valor mineralógico, zoológico, arqueológico, etnográfico e histórico. Seu acervo foi adquirido pelo conselheiro Francisco de Paula Mayrink (1839-1906), em 1890, e doado junto à Coleção Pessanha ao governo paulista, sendo adicionado ao acervo do Museu Provincial, pertencente à Sociedade Auxiliadora do Progresso da Província de São Paulo; a junção destes acervos formou uma grande coleção que ficou sob responsabilidade da CGG. Em 1891, foi criado o Museu do Estado, cuja direção interina ficou a cargo de Alberto Löfgren. Em janeiro de 1983, o museu passou a fazer parte da CGG, cujo presidente era Orville, e em agosto do mesmo ano o museu foi definido como um órgão independente da CGG, passando a denominar-se Museu Paulista (MP). Assim, todo o acervo oriundo da CGG, do Museu Sertório, da Coleção Pessanha e do Museu Provincial passou a formar o MP e a ocupar o

palácio Monumento do Ipiranga (Vanzolini, 1994; Brandão & Samara, 2005; Brandão & Costa, 2007; Landim, 2011, 2018; MZSP, 2019; Nearn *et al.*, 2019; Museu Paulista, 2020).

O primeiro diretor do MP (entre 1894 e 1915), indicado por Orville, foi Hermann Friedrich Albrecht von Ihering (1850-1930), zoólogo alemão, radicado no Brasil desde 1880, que havia atuado como naturalista-viajante do Museu Imperial e Nacional e como pesquisador da CGG. Em 1895, o MP abriu as portas para o público. No seu discurso de inauguração, Hermann von Ihering destacou o caráter científico da instituição. Na sua concepção, o museu deveria se concentrar nos objetivos de instruir e de contribuir para o progresso da ciência. A proposta de aprofundar a especialização do acervo foi colocada em prática a partir da coleta em várias regiões do país (o museu empregava reconhecidos naturalistas-viajantes, como Ernesto Garbe [1853-1925], constantemente em campo), de estudos comparativos e do intercâmbio com cientistas de diversas instituições e países. Hermann von Ihering priorizou os estudos zoológicos devido à sua formação. Durante sua gestão, em 1905, o acervo artístico do MP foi transferido e veio a constituir o acervo inicial da atual Pinacoteca do estado (Vanzolini, 1994; Brandão & Samara, 2005; Brandão & Costa, 2007; Landim, 2011, 2018; MZSP, 2019; Nearn *et al.*, 2019; Museu Paulista, 2020).

Em 1916, foi nomeado como diretor do MP o advogado Armando Prado (1880-1956) e, posteriormente (1917), o historiador Afonso d'Escragnoille Taunay (1876-1958) assumiu o cargo. Neste momento, o MP assumiu sua nova vocação: preservar a História do Brasil. Na década de 1920, o MP foi reestruturado nas seções de História Nacional de São Paulo, de Zoologia e de Botânica. Em 1927, a Seção de Botânica foi transferida para o Instituto de Botânica, hoje ligado à Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA). Em 1939, a Seção de Zoologia tornou-se o Departamento de Zoologia da Secretaria de Agricultura, Indústria e Comércio do Estado de São Paulo (DZSP) e, em 1941, seu acervo passou a ser abrigado no prédio localizado no Parque da Independência, entre a avenida

Nazaré e a rua Padre Marchetti; a partir desta época, passou a ser conhecido popularmente como “Museu dos Bichos”. Em 1969, o Departamento de Zoologia foi incorporado à Universidade de São Paulo (USP) como Museu de Zoologia, sediado até hoje no mesmo prédio (Vanzolini, 1994; Brandão & Samara, 2005; Brandão & Costa, 2007; Landim, 2011, 2018; MZSP, 2019; Nearn *et al.*, 2019; Museu Paulista, 2020). Recentemente, foi adicionada, temporariamente, uma parte do conjunto da Congregação das Irmãzinhas da Imaculada Conceição, na mesma avenida Nazaré, em frente ao Museu de Zoologia, onde são mantidas algumas coleções, laboratórios e parte da administração. O museu apresenta, atualmente, expressivas coleções nas áreas de Carcinologia, Chelicerata, Entomologia, Ictiologia, Invertebrados Marinhos, Herpetologia, Malacologia, Mastozoologia e Ornitologia.

O MZSP destaca-se, em escala mundial, pelo volume de suas coleções, que cobrem todo o reino animal, e pela qualidade da curadoria realizada ao longo de sua história de 154 anos (tendo como ponto de partida a criação da CGG), além das atividades de pesquisa, divulgação e formação de recursos humanos especializados em grau de excelência. O acervo científico do MZSP representa uma amostra inestimável da biodiversidade, principalmente da região neotropical. O acervo do MZSP é produto da aquisição de importantes coleções de especialistas, permutas com outras instituições, doações e coletas realizadas através de expedições organizadas pela própria instituição ou por outras instituições que utilizam este museu como repositório de amostras (Vanzolini, 1994; Landim, 2018; MZSP, 2019). Nos anos mais recentes, o incremento do acervo tem ocorrido principalmente por doações, coletas organizadas no âmbito dos projetos acadêmicos realizados na instituição e através do depósito de material proveniente de estudos de impacto e monitoramento ambiental.

### COLEÇÃO DE FORMICIDAE DO MZSP

A Coleção de Formicidae do MZSP, sediada no Laboratório de Hymenoptera da instituição, é uma das coleções

mais importantes para a região neotropical, em razão do tamanho do acervo e por sua representatividade tanto de espécies quanto por cobrir uma área geográfica consideravelmente ampla (Brandão, 2000). São milhares de exemplares (cerca de 440.000, além de amostras em via úmida não quantificadas), oriundos de diversas localidades e representantes das 17 subfamílias atuais de Formicidae, sendo 4.741 espécimes-tipo de 892 espécies (dados dos tipos até 2017).

### A FORMAÇÃO INICIAL DO ACERVO DE FORMIGAS

A Coleção de Formigas hoje abrigada no MZSP começou a ser formada ainda no MP. Os primeiros exemplares foram coletados no início do século XX pelo próprio diretor do museu, Hermann von Ihering, e pelos especialistas da instituição, destacando-se Hermann Luederwaldt (1865-1934) e Curt Schrottky (1874-1937). Sob orientação de Hermann von Ihering, o museu reuniu exemplares representativos das diversas ordens de insetos através do intercâmbio de material com museus europeus. Essa troca intensa permitiu a identificação por comparação da fauna brasileira e a descrição de muitas espécies de formigas por especialistas, como Gustav Mayr (1830-1908), Carlo Emery (1848-1925), Auguste Forel (1848-1931), William M. Wheeler (1865-1937), Felix Santschi (1872-1940), Carlo Menozzi (1848-1931) e Marion R. Smith (1894-1981). Várias espécies coletadas no Brasil foram descritas pelos autores ora citados, que, muitas vezes, enviavam os espécimes-tipo de volta a São Paulo, contribuindo para a formação e a qualificação da coleção.

Auguste Forel (1908) é autor da primeira publicação com extensivo material de formigas oriundo do MP, principalmente do estado de São Paulo, intitulada “*Ameisen aus Sao Paulo (Brasilien), Paraguay etc.*”. Neste artigo, Forel presta homenagem a Hermann von Ihering, descrevendo seis espécies em seu nome: *Camponotus iheringi*, *Crematogaster iheringi*, *Eciton iheringi* (hoje *Neivamyrmex*), *Ponera iheringi* (atualmente *Hypoconera*), *Solenopsis*

*iheringi* e *Wasmannia iheringi*. Nos anos seguintes, Forel homenageou-o outras quatro vezes: *Leptogenys iheringi* Forel, 1911, *Megalomyrmex iheringi* Forel, 1911, *Dorymyrmex jheringi* Forel, 1912 e *Azteca iheringi* Forel, 1915. Entretanto, cabe ressaltar que as primeiras homenagens ao zoólogo e exímio coletor foram feitas por Carlo Emery, a partir da descrição de espécies coletadas no Rio Grande do Sul: *Cryptocerus jheringi* (hoje *Cephalotes*) (Emery, 1894), *Atta iheringi* (hoje *Mycetomoellerius*) (Emery, 1888) e *Rhopalothrix iheringi* (hoje *Octostruma*) (Emery, 1888).

### CURADORES DA COLEÇÃO DE FORMIGAS

O polonês Karol Lenko (1914-1975) trabalhou como curador da Coleção de Formigas entre 1960, quando o acervo fazia parte do DZSP, a 1969 (Nomura, 1991). Este período ficou marcado pela extensa permuta de material com o Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) (convênio DZSP-MPEG, firmado na década de 1960) e com os freis franciscanos Thomas Borgmeier (1892-1975) e Walter Wolfgang Kempf (1920-1976), reconhecidos pela grande contribuição à Mirmecologia mundial, sobretudo na área da taxonomia.

Frei Borgmeier (1923, 1927) publicou catálogos das formigas do Brasil, atualizando uma das primeiras listas de espécies de formigas para o país, publicada por Forel (1895) a partir do material amazônico enviado pelo zoólogo suíço Emílio Augusto Goeldi (1859-1917), diretor do MPEG. Além disso, descreveu inúmeras espécies e formas ergatoides e dichthadiiformes; revisou gêneros como *Atta* (Fabricius, 1804), *Eciton* (Latreille, 1804), *Labidus* Jurine, 1807, *Neivamyrmex* (Borgmeier, 1940) e *Nomamyrmex* (Borgmeier, 1936); e, em 1931, fundou a Revista de Entomologia, cujo último volume, 22, foi publicado em 1951 (Klingenberg & Brandão, 2005). Frei Kempf, por sua vez, realizou estudos taxonômicos e revisão total ou parcial de diversos gêneros como *Anochetus* (Mayr, 1861), *Cephalotes* (Latreille, 1802), *Cyphomyrmex* Mayr, 1862, *Dinoponera* (Roger, 1861), *Heteroponera* Mayr, 1877, *Hylomyrma* (Forel, 1912), *Irogeria* (Emery, 1915) (hoje *Rogeria* Emery, 1894), *Leptothorax* (Mayr, 1855), *Megalomyrmex* Forel, 1885,

*Monacis* (Roger, 1862) (hoje *Dolichoderus* [Lund, 1831]), *Mycetarotes* (Emery, 1913), *Mycocepurus* (Forel, 1893), *Pachycondyla* (Smith, 1858), *Pheidole* (Westwood, 1839), *Procryptocerus* (Emery, 1887), *Pseudomyrmex* (Lund, 1831), *Rogeria*, *Strumigenys* (Smith, 1860), *Thaumatomyrmex* Mayr, 1887 e *Zacryptocerus* (Wheeler, 1911) (hoje *Cephalotes*), descrevendo muitas espécies. Na década de 1960, publicou estudos em colaboração com William Louis Brown Jr. (1922-1997) sobre a tribo Basicerotini, os gêneros *Acanthognathus* Mayr, 1887 e *Europhalothrix* Brown & Kempf, 1961, além de descrever junto com ele o gênero *Tatuidris* Brown & Kempf, 1968. Borgmeier e Kempf ainda fundaram a revista científica *Studia Entomologica*, editada por Kempf até o volume 19 (1976). O último volume da revista, 20, foi editado por Lauro Pereira Travassos Filho (1918-1989) em 1978.

Com a aposentadoria de Karol Lenko, em 1969, a coleção de formigas passou por um período relativamente curto de dormência, até o início dos trabalhos de Carlos Roberto Ferreira Brandão junto à coleção, ainda em 1975, como estagiário e inicialmente mais interessado em estudos comportamentais.

No final da década de 1940, Borgmeier havia doado para o Frei Kempf sua coleção pessoal, que incluía espécimes, cadernos de campo e catálogos, sua biblioteca e seus equipamentos. No ano seguinte à morte inesperada de Kempf, em 1977, enquanto participava de um Congresso Internacional de Entomologia, na cidade de Washington, em que apresentaria suas conclusões sobre a distribuição geográfica das formigas do estado de São Paulo, a Coleção Borgmeier-Kempf foi comprada da Ordem Franciscana pelo MZSP, em nome do Dr. Nelson Papavero, chefe do serviço de entomologia do museu, com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). O transporte da coleção da Universidade de Brasília (UNB), onde Frei Kempf atuou como professor visitante entre os anos de 1973 e 1976, para o MZSP foi financiado pela Fundação de Amparo à Ciência do Estado de São Paulo (FAPESP) (Klingenberg & Brandão, 2005). Este importante acervo ampliou



consideravelmente a então modesta Coleção de Formigas do museu, que ficava acondicionada em dois armários, sem maior organização interna.

Em 1981, o agora Dr. Carlos Roberto Ferreira Brandão, que fora estagiário do MZSP desde 1975, foi contratado como curador da Coleção de Hymenoptera do MZSP, ficando responsável pelo Laboratório de Hymenoptera. Brandão estabeleceu três linhas de pesquisa relacionadas: taxonomia e sistemática, ecologia de comunidades e evolução do comportamento social, dedicando-se, em especial, ao estudo de formigas nestas linhas. Entre suas contribuições para taxonomia, destacam-se: a atualização do catálogo abreviado das formigas da região neotropical; a revisão dos gêneros *Basicerus* Schulz, 1906, *Blepharidatta* Wheeler, 1915, *Kalathomyrmex* Klingenberg & Brandão, 2009, *Lachnomyrmex* Wheeler, 1910, *Megalomyrmex*, *Mycetagroicus* Brandão & Mayhê-Nunes, 2001, *Mycetarotes*, *Mycetophylax* (Emery, 1913), *Oxyepoecus* Santschi, 1926, *Paramycetophylax* (Kusnezov, 1956), *Sphinctomyrmex* Mayr, 1866, *Stegomyrmex* Emery, 1912 e *Trachymyrmex* (Forel, 1893) e da subfamília Leptanilloidinae; a descrição dos gêneros *Asphinctanilloides* Brandão *et al.*, 1999, *Cariridris* Brandão & Martins-Neto, 1990, *Cyatta* Sosa-Calvo *et al.*, 2013, *Mycetagroicus* e *Tropidomyrmex* Silva *et al.*, 2009; a descrição de espécies dos gêneros *Adelomyrmex* Emery, 1897, *Belonopelta* Mayr, 1870, *Cariridris*, *Cephalotes*, *Cyatta*, *Gnamptogenys* (Roger, 1863), *Lachnomyrmex*, *Leptomymex* (Mayr, 1862), *Leptothorax*, *Megalomyrmex*, *Mycetagroicus*, *Oxyepoecus*, *Technomyrmex* Mayr, 1872 e *Tropidomyrmex*; e os catálogos de tipos depositados na coleção de formigas do MZSP isoladamente ou em colaboração com diversos pesquisadores.

Como estratégia de curadoria, Brandão optou por concentrar seus esforços de coleta nos ecossistemas do leste do Brasil – Cerrado (início dos anos 80 até os 90), Mata Atlântica (anos 90) e Caatinga (início dos anos 90 e 2010-2012) –, sempre alternando projetos de ampliação da coleção com projetos de reorganização e incorporação dos acervos coletados na etapa anterior. Nesses projetos,

foram incluídos estudantes e pesquisadores em vários níveis, de formação profissional, contribuindo, assim, com a realização de pesquisa nos mais variados âmbitos, como iniciação científica, trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses e pós-doutorados. As pesquisas foram fomentadas, em especial, pela FAPESP e pelo CNPq, além de outras agências no Brasil e no exterior. Diferentes técnicas de coleta (busca ativa, extrator de Winkler, isca atrativa, *pitfall*) foram empregadas nesses distintos ambientes, mas que, pelo seu caráter quantitativo, permitiram, ao fim, comparação entre os sistemas.

### CERRADOS BRASILEIROS

O projeto "Insetos sociais das formações vegetais do Nordeste brasileiro" (FAPESP, processo n. 1990/2775-6), focado nos biomas Caatinga e Cerrado, foi realizado em colaboração com a Dra. Eliana Marques Canello, especialista em cupins (Isoptera) do MZSP, e o Dr. Paulo Oliveira, do Instituto de Biologia da Universidade de Campinas (UNICAMP). Além de distintas fitofisionomias da Caatinga e do Cerrado, foram amostradas áreas de Campo Rupestre (Tabela 1), utilizando iscas atrativas com sardinha em óleo no solo e na vegetação (2 m), considerando-se os períodos diurno e noturno. Ao todo, foram coletadas cerca de 700 espécies de formigas, e estimativas realizadas na época indicaram que o número real estaria próximo de 800 espécies. A oferta de iscas nos dois extratos e nos dos períodos atrai faunas significativamente distintas, evidenciando que as faunas são especializadas em extratos e ativas de acordo com o período do dia. Ainda, não foram detectadas diferenças significativas na composição de espécies de formigas entre as formações de Cerrado avaliadas e de Campo Rupestre (Brandão, 1995).

Alguns importantes estudos foram realizados com o material coletado. Entre eles, destacam-se as dissertações de Adriana Araújo Reis-Menezes, "Levantamento da fauna de formigas de uma localidade de Cerrado e dinâmica de visitação às iscas" (Reis-Menezes, 1998); Rogério Silvestre, "Levantamento da fauna de formigas de uma mancha

de Cerrado no Estado de São Paulo” (Silvestre, 1995, 2000; Silvestre *et al.*, 2003); e de Rogério Rosa da Silva, “Riqueza de formigas nos Cerrados e similaridade entre uma localidade no Planalto Central e duas no Sudeste do Brasil” (Silva, R., 1999; Silva, R., *et al.*, 2004).

### MATA ATLÂNTICA

O projeto temático “Riqueza e diversidade de Hymenoptera e Isoptera ao longo de um gradiente latitudinal na Mata Atlântica – a floresta pluvial do leste do Brasil”, coordenado pelo Dr. Brandão, pela Dra. Eliana Cancellato, ambos do MZSP, e pela Dra. Angélica Penteado-Dias, da Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), foi financiado pelo Programa Biota-FAPESP (processo 1998/0583-0). O objetivo principal deste projeto abrangente era estudar como as distintas biológicas de 15 famílias selecionadas de

Hymenoptera, e também de Isoptera, se comportavam ao longo de um gradiente latitudinal, privilegiando-se do fato de que a Mata Atlântica ocorre praticamente ao longo de um eixo norte-sul no litoral leste do Brasil. Dadas as características desta floresta, 26 localidades protegidas (Tabela 2), representando duas altitudes em relação ao nível do mar (entre 0-100 m e 800-900 m), foram amostradas seguindo o mesmo delineamento amostral: distância das bordas em pelo menos 500 m, investigação da fauna da serapilheira utilizando-se o extrator de Winkler, além de coletas com armadilhas Malaise, pratos amarelos e varrição da vegetação.

Uma imensa quantidade de material foi coletada no decorrer de quase dez anos de projeto, e os resultados até hoje repercutem, pois tanto as formigas coletadas quanto espécies de outras ordens de insetos estão disponíveis no

Tabela 1. Localidades e tipo vegetacional amostrados durante o projeto “Insetos sociais das formações vegetais do Nordeste brasileiro” (anos 1990).

Estado	Município	Localidade mais específica	Vegetação
Bahia	Andaraí		Mata densa, que chega a 30 m de altura, com pouco estrato herbáceo e arbustivo, e serapilheira densa em algumas partes
	Itaberaba		Caatinga arbórea e arbustiva
	Maracás		Mata de Cipó (Caatinga arbórea) e “Geraes” (mata dominada por <i>Jurema</i> sp.)
	Mucugê		Campo rupestre
	Santa Rita de Cássia		Caatinga arbórea
Distrito Federal		Reserva Ecológica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)	Cerrado
		Estação Ecológica Águas Emendadas	Cerrado <i>sensu stricto</i>
Goiás	Alvorada do Norte		Cerrado aberto/campo sujo
	Alto Paraíso de Goiás		Campo rupestre
Piauí	Canto do Buriti PI		Caatinga de lajedo
	10 km N Corrente	Fazenda Maracujá	Ecótono Caatinga-Cerrado
	20 km S Floriano	Buriti do Sol	Ecótono Caatinga-Cerrado
	5 km L Oeiras PI	Fazenda Talhada	Caatinga arbórea
São Paulo	Cajurú	Fazenda Santa Carlota (21° 18'-21° 27' S; 47° 12'-47° 20' W)	Cerrado

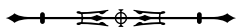


Tabela 2. Localidades da Mata Atlântica amostradas durante o projeto “Riqueza e diversidade de Hymenoptera e Isoptera ao longo de um gradiente latitudinal na Mata Atlântica – a floresta pluvial do leste do Brasil”, a partir de 1998 e nos anos 2000.

Estado	Município	Localidade mais específica
Alagoas	Quebrangulo	09° 19' 18" S/36° 28' 32" W
Bahia	Ilhéus	Mata da Boa Esperança (14° 47' 47" S/39° 03' 56" W)
	Mata São João	Reserva de Sapiranga (12° 58' 16" S/38° 30' 39" W)
	Porto Seguro	E.E. Pau Brasil (16° 23' 33" S/39° 10' 60" W)
Espírito Santo	Santa Teresa	Estação Biológica Santa Lúcia (19° 58' 09" S/40° 32' 15" W)
	Sooretama	Reserva Biológica de Sooretama (19° 04' 21" S/39° 56' 57" W)
Paraíba	João Pessoa	Mata do Buraquinho (07° 08' 24,7" S/34° 51' 33,2" W)
Pernambuco	Recife	Horto Dois Irmãos (08° 00' 32" S/34° 56' 40" W)
Paraná	Morretes	Parque Estadual do Pau-Oco (25° 34' 33,5" S/48° 53' 19,5" W)
	Tunas	Parque Estadual das Lauráceas (24° 51' 16" S/48° 43' 00,4" W)
Rio de Janeiro	Nova Iguaçu	Reserva Biológica do Tinguá (22° 34' 14" S/43° 24' 51" W)
	Santa Maria Madalena	Parque Estadual do Desengano (21° 58' 41" S/41° 57' 00" W)
Santa Catarina	Blumenau	Parque Estadual das Nascentes (27° 06' 15" S/49° 09' 14" W)
	Palhoça	Parque Estadual Serra do Tabuleiro (27° 44' 28" S/48° 41' 50" W)
	São Bento do Sul	Área de Proteção do Ambiental Rio Vermelho/Humboldt (26° 21' 51" S/49° 16' 16" W)
	São Bonifácio	Parque Estadual Serra do Tabuleiro (27° 49' 06" S/48° 54' 41" W)
Sergipe	Areia Branca	Parque Estadual Serra de Itabaiana (10° 45' 54" S/37° 19' 57,4" W)
	Santa Luzia do Itanhhy	Mata do Crasto (11° 22' 39,3" S/37° 25' 07,4" W)
São Paulo	Cananeia	Parque Estadual Ilha do Cardoso (25° 05' 48,7" S/47° 55' 47,3" W)
	Cunha	Parque Estadual Serra do Mar, Núcleo Cunha-Indaiá (23° 15' 03" S/45° 00' 26" W)
	Iguape	Estação Ecológica Jureia-Itatins, Núcleo Rio Verde (24° 32' 39" S/47° 14' 08" W)
	Picinguaba	Parque Estadual Serra do Mar (23° 20' 10" S/44° 50' 15,3" W)
	Praia Grande	Parque Estadual Serra do Mar, Núcleo Pilões-Cubatão (23° 58' 31" S/46° 32' 24" W)
	Ribeirão Grande	Parque Estadual Intervalles, Base Barra Grande (24° 18' 18" S/48° 21' 55" W)
	Salesópolis	Estação Biológica de Boraceia (23° 31' 56" S/45° 50' 47" W)
	Tapiraí	Parque Estadual Serra do Mar (24° 01' 55" S/47° 27' 56" W)

acervo para estudo e foram utilizadas em vários trabalhos. Destacamos a tese de Rogério Rosa da Silva, “Estrutura de guildas de formigas de serapilheira (Hymenoptera: Formicidae) em quatro áreas de Floresta Atlântica do Sul e Sudeste do Brasil” (Silva, R., 2004; Silva, R. & Brandão, 2010); a iniciação científica de Víctor Alarcon, “Os Cerapachyinae (Formicidae) da Mata Atlântica” (Alarcon, 2013); e a dissertação de Thiago Sanches Ranzani da Silva, “Morfologia comparada das espécies da tribo Dacetini

(Hymenoptera: Formicidae) da Mata Atlântica” (Silva, T., 2014; Silva, T. & Brandão, 2014). Ainda, o projeto “Limites geográficos e fatores causais de endemismo na Mata Atlântica em Diptera”, também apoiado pelo Programa Biota-FAPESP, e coordenado pelo Dr. Dalton de S. Amorim (USP), não precisou coletar material e pôde obter todos os dados necessários para responder às questões a que se propunha estudar, utilizando material coletado pelo projeto de Hymenoptera-Isoptera.



## CAATINGA

A Caatinga, por muito tempo, representou um ecossistema cujo conhecimento era comparativamente muito incipiente, sendo aquele com a menor quantidade de informação para todos os grupos de invertebrados (Brandão, 1995; Brandão & Yamamoto, 2004) e para formigas, em particular. As primeiras coletas se deram no início dos anos 1990, nos estados da Bahia e do Piauí, no âmbito do projeto “Riqueza e diversidade de Hymenoptera e Isoptera ao longo de um gradiente latitudinal na Mata Atlântica – a floresta pluvial do leste do Brasil” (Tabela 1).

No decorrer do tempo, Dr. Brandão estabeleceu parcerias com pesquisadores da Universidade Estadual do Ceará (UECE), Dr. Yves Quinet, e da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Bahia, Dr. Gilberto de Nascimento. Com o último, foi firmada uma parceria de projeto através do Edital Casadinho (MCT/CNPq/CT-Infra/CT-Petro/Ação Transversal IV n. 16/2008). Alguns dos resultados oriundos desta parceria foram a descrição da talvez única espécie de formiga, senão endêmica, pelo menos jamais coletada fora deste bioma, *Oxyepoecus regularis* Ulysséa & Brandão, 2012, e a publicação da primeira listagem de formigas reconhecidas para este bioma – 173 espécies e uma subespécie, distribuídas em 11 subfamílias e 61 gêneros (Ulysséa & Brandão, 2013a). Ambos os resultados são provenientes da dissertação de Mônica A. Ulysséa (Ulysséa, 2012; Ulysséa & Brandão, 2012), cujas coletas foram realizadas no município de Milagres, Bahia (12° 54,542' S/39° 51,279' W; 12° 54,294' S/39° 52,083' W e 12° 54,411' S/39° 50,863' W).

## EXPANSÃO E QUALIFICAÇÃO DO ACERVO DE FORMIGAS

A coleção passou por três períodos principais de crescimento exponencial. Primeiro, a adição da Coleção Borgmeier-Kempff, seguida do acréscimo que ocorreu com o recebimento de material proveniente dos Cerrados-Mata Atlântica-Caatinga e, por último, e mais recentemente, o depósito de material oriundo de projetos de estudos

de impacto ambiental e monitoramento de fauna, realizados em diversas regiões do país. Estes projetos são realizados por empresas de consultoria que, de acordo com as políticas estabelecidas pelos órgãos de controle ambiental (Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade/Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - SISBio/ICMBio), devem depositar o material biológico coletado em uma instituição brasileira responsável e devidamente capacitada para recebê-lo. Nesse sentido, a Coleção de Formigas recebeu um grande aporte de espécimes através dos projetos “Programa de monitoramento da Ferrovia Norte-Sul” (Goiás/Maranhão/Tocantins), “Avaliações ecológicas rápidas do Centro-Leste do Tocantins”, “Avaliações ecológicas rápidas do Nordeste-Noroeste do Tocantins” e “Programa de conservação da fauna silvestre na área de influência da Usina Hidrelétrica de Jirau – Entomofauna” (Rondônia). Além disso, a coleção cresce também com o depósito contínuo de material oriundo de projetos ligados a universidades e institutos de pesquisas, nacionais e internacionais.

Em 2015, Dr. Brandão foi contemplado com um auxílio no âmbito do Programa de Capacitação em Taxonomia (PROTAX), com financiamento tanto do CNPq (n. 440574/2015-3) quanto da FAPESP (processo n. 2016/50378-8) para desenvolvimento do projeto “Curadoria e qualificação da coleção de Hymenoptera do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo: formação de recursos humanos e ampliação do conhecimento sobre a biodiversidade brasileira”. Destaca-se como principal objetivo deste projeto o uso da coleção como base para a formação de pessoal especializado principalmente nas áreas de taxonomia e sistemática. Cinco projetos de iniciação científica, um de mestrado e um de pós-doutorado com Hymenoptera foram realizados no âmbito do PROTAX, além de atividades curatoriais rotineiras, como avaliação da integridade e limpeza dos espécimes em via seca; revisão do acondicionamento, triagem, montagem e rotulagem de espécimes em via úmida; identificação dos espécimes no menor nível taxonômico possível; digitação

das informações em planilha do banco de dados; visitas às coleções estrangeiras e nacionais para treinamento para identificação de espécimes; visita de pesquisadores à coleção do MZSP para o treinamento de pessoal e identificação de espécimes; e remessa de material a instituições para ser identificado por especialistas.

Um dos resultados de projetos desenvolvidos em taxonomia é a publicação de artigos com a designação de espécimes-tipo e o depósito dos mesmos em coleções de reconhecida importância para o grupo. A Coleção de Formigas do MZSP detém expressivos 4.741 espécimes-tipo de 892 espécies (dados até 2017). Estes dados são frutos da compilação dos oito catálogos de tipos publicados a partir de 2005 por Brandão e seus estudantes (Klingenberg & Brandão, 2005; Scott-Santos *et al.*, 2008; Brandão *et al.*, 2010; Esteves *et al.*, 2011; Ulysséa & Brandão, 2013b; Prado & Brandão, 2013; Ulysséa *et al.*, 2015, 2017). Resta ainda atualizar esta lista a partir de descrições mais recentes, publicadas após os catálogos de tipos correspondentes.

Deve-se pontuar a contribuição de muitos colaboradores voluntários, técnicos com distintas formações e níveis de especialização, e inúmeros estudantes e estagiários, que cooperaram na construção, guarda e qualificação deste importante acervo, fonte para pesquisadores e estudantes de muitas procedências. Nos anos mais recentes, destacam-se as contribuições de Bodo Dietz, Christiana Kligenberg, Christiane Yamamoto, Cristiane Scott-Santos, Emília Albuquerque, Flávia Esteves, Lívia Prado, Mônica A. Ulysséa, Nicolas Albuquerque, Rodolfo Probst, Rodrigo Feitosa, Rogério R. da Silva, Rogério Silvestre e Thiago Sanches Ranzani da Silva, que desenvolveram estudos sob orientação do Dr. Brandão. Ainda, como a coleção é fonte importante de dados para pesquisadores e estudantes de muitas procedências, o laboratório envia exemplares por empréstimo e também recebe inúmeros visitantes. Desde 2015, recebemos a visita de 33 discentes, oito docentes e um pesquisador de instituições nacionais (Instituto de Biociências-USP, MPEG, Pontifícia Universidade Católica de Campinas -

PUC-Campinas, Universidade Federal do Pará - UFPA, Universidade Federal do Paraná - UFPR, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, Universidade Federal de Viçosa - UFV, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho de Rio Claro - UNESP-Rio Claro, Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF e Universidade Mogi das Cruzes - UMC) e internacionais (Centro Regional de Investigaciones Científicas y Transferencia Tecnológica de La Rioja/Argentina, Museu Nacional de História Natural e da Ciência de Lisboa/Portugal, Smithsonian National Museum of Natural History/USA - NMHN-Smithsonian, The Ohio State University/USA, University of California, Davis/USA - UC-Davis, Universidad Nacional de Colombia/Colômbia – UNAL e The University of Utah/USA), que passam períodos estudando o acervo como parte de suas pesquisas e, conseqüentemente, auxiliam na qualificação da coleção, aprimorando a identificação dos exemplares. Este aprimoramento também é feito a partir de empréstimos de material.

## O ACERVO NOS DIAS DE HOJE

Desde setembro de 2018, a Coleção de Formiga do MZSP está sendo reorganizada à luz de novas práticas curatoriais e das mais recentes propostas de classificação de Formicidae com apoio da FAPESP, através do projeto temático “Coletar, identificar, processar, difundir: o ciclo curatorial e a produção do conhecimento” (processo n. 2017/07366-1). A pesquisadora de pós-doutorado Mônica A. Ulysséa vem se dedicando a esta reorganização junto com a estudante Gabriella Chimenti (bolsista de IC FAPESP) e a estagiária Larissa Jerez (bolsista técnica FAPESP).

A coleção está organizada em três acervos: seco, úmido e molecular. O acervo seco, que abrange sobretudo espécimes colados em triângulos de papel alfinetados, está organizado em armários compactadores de metal que abrigam 914 gavetas entomológicas. Os 389.418 (contagem manual por Gabriela Chimenti, Larissa Jerez e Mônica Ulysséa, terminada em fevereiro de 2020) espécimes em via seca (Tabela 3) estão distribuídos nas gavetas em caixas

Tabela 3. Número de exemplares do acervo seco e organizado da Coleção de Formicidae do MZSP.

Subfamília de Formicidae	Número de exemplares
Agroecomyrmecinae	7
Amblyoponinae	1.175
Aneuretinae	3
Apomyrminae	2
Dolichoderinae	24.552
Dorylinae	21.131
Ectatomminae	14.772
Formicinae	76.546
Heteroponerinae	1.460
Leptanillinae	10
Martialinae	1
Myrmeciinae	45
Myrmicinae	207.758
Paraponerinae	882
Ponerinae	27.149
Proceratinae	762
Pseudomyrmecinae	13.163
Total de exemplares	389.418

de papelão com fundo de isopor, dispostas em ordem alfabética por subfamília-gênero-espécie e por localidade, além de 101 gavetas com cerca de 30 mil espécimes, que estão em processamento para associação de exemplares, confecção de rótulos de localidade e/ou identificação, e identificação em subfamília-gênero-espécie. O acervo úmido, conservado em álcool 70% a 96%, conta com 804 potes com no máximo 20 amostras cada, acondicionadas em frascos de vidro transparente, com batoque e tampa de rosca, sendo majoritariamente réplicas do material montado, além de exemplares em estágios imaturos. Já o incipiente acervo molecular, iniciado em 2015, conta com 155 amostras guardadas em freezer.

### PERSPECTIVAS FUTURAS

Nos últimos anos, os esforços estão concentrados na reorganização e qualificação do acervo. Uma vez formada

uma coleção, a sua curadoria precisa ser constante para a melhor salvaguardada da biodiversidade ali representada. Este é um dos grandes desafios das coleções, que enfrentam dificuldades para manter seus acervos em condições adequadas, por falta de técnicos especializados, de infraestrutura e em razão da escassez de recursos financeiros, derivada tanto de períodos de corte de verba quanto de 'abundância' de financiamento (Zaher & Young, 2003; Santos *et al.*, 2018).

A Coleção de Formigas do MZSP tem grande valor histórico e científico e, como parte das importantes coleções biológicas do mundo, é fonte fundamental para o desenvolvimento de inúmeros estudos por deter os elementos básicos (táxons) para o entendimento do próprio táxon, dos biomas onde estão inseridos e das relações que estabelecem com outros organismos. Neste sentido, esperamos que a ciência e, por conseguinte, a educação sejam priorizadas no país, independente dos partidos políticos que o governam.

### AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Dione Seripierri, bibliotecária do MZSP, que auxiliou na averiguação das datas apresentadas, e aos três revisores anônimos, pela leitura crítica do artigo, pelas correções e sugestões. M. A. Ulysséa agradece à FAPESP (processos n. 2012/21309-7, 2015/06485-1, 2018/11453-0, 2019/24810-8). C. R. F. Brandão agradece ao PROTAX/CNPq (440574/2015-3), à FAPESP (PROTAX/FAPESP processo n. 2016/50378-8, TEMÁTICO processo n. 2017/07366-1), ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia dos Hymenoptera Parasitoides da Região Sudeste Brasileira (INCT-HYMPAR) (CNPq/FAPESP/CAPES).

### REFERÊNCIAS

ALARCON, V. I. A., 2013. **Os Cerapachyinae (Formicidae) da Mata Atlântica**. Iniciação Científica (Graduação em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BORGMEIER, T., 1923. *Catalogo systematico e synonymico das formigas do Brasil*. 1 parte. Subfam. Dorylinae, Cerapachyinae, Ponerinae, Dolichoderinae. **Archivos do Museu Nacional** 24: 33-103.



- BORGMEIER, T., 1927. Catalogo systematico e synonymico das formigas do Brasil. 2 parte. Subf. Pseudomyrmicinae, Myrmicinae, Formicidae. **Archivos do Museu Nacional** 29: 69-164.
- BRANDÃO, C. R. F., 1995. **Formigas dos Cerrados e Caatingas**. Tese de Livre-docência – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BRANDÃO, C. R. F., 2000. Major regional and type collections of ants (Formicidae) of the world and sources for the identification of ant species. In: D. AGOSTI, J. D. MAJER, L. E. ALONSO & T. R. SCHULTZ (Ed.): **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**: 172-185 Smithsonian Institution Press, Washington. DOI: <http://doi.org/10.5281/zenodo.11736>.
- BRANDÃO, C. R. F. & C. I. YAMAMOTO, 2004. Invertebrados da Caatinga. In: J. M. CARDOSO, M. TABARELLI, M. T. FONSECA & L. V. LINS (Org.): **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**: 135-140. MMA/EFPE/Conservação Internacional do Brasil/EMBRAPA, Brasília.
- BRANDÃO, C. R. F. & E. M. SAMARA, 2005. Da difusão à pesquisa no Estado de São Paulo. A história do Museu Paulista da Universidade de São Paulo. **Revista de Cultura e Extensão da USP** (0): 94-103.
- BRANDÃO, C. R. F. & C. COSTA, 2007. Uma crônica da integração dos museus estatutários à USP. **Anais do Museu Paulista** 15(1): 207-217. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0101-47142007000100005>.
- BRANDÃO, C. R. F., F. A. ESTEVES & L. P. PRADO, 2010. A catalogue of the Pseudomyrmecinae ants type specimens (Hymenoptera, Formicidae) deposited in the Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia** 50(45): 693-699. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0031-10492010004500001>.
- ESTEVES, F. A., C. R. F. BRANDÃO & L. P. PRADO, 2011. The type specimens of “dorylomorph” ants (Hymenoptera, Formicidae: Aenictinae, Ecitoninae, Cerapachyinae, Leptanilloidinae) deposited in the Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia** 51(22): 341-357. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0031-10492011002200001>.
- FOREL, A., 1895. A fauna das formigas do Brasil. **Boletim do Museu Paraense de Historia Natural e Ethnographia** 1: 89-139.
- FOREL, A., 1908. Ameisen aus Sao Paulo (Brasilien), Paraguay etc. gesammelt von Prof. Herm. v. Ihering, Dr. Lutz, Dr. Fiebrig, etc. **Verhandlungen der Kaiserlich-Königlichen Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien** 58: 340-418.
- KLINGENBERG, C. & C. R. F. BRANDÃO, 2005. The type specimens of fungus growing ants, Attini (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) deposited in the Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia** 45(4): 41-50. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0031-10492005000400001>.
- LANDIM, M. I., 2011. Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo: adaptação aos novos tempos. **Estudos Avançados** 25(73): 205-216. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0103-40142011000300023>.
- LANDIM, M. I., 2018. Um oceano de desconhecimento sobre a biodiversidade. **Revista Museologia & Interdisciplinaridade** 7(14): 88-106. DOI: <https://doi.org/10.26512/museologia.v7i14.18388>.
- MUSEU PAULISTA, 2020. **Dicionário histórico-biográfico das ciências da saúde no Brasil (1832-1930)**. Disponível em: <http://www.dichistoriasaude.coc.fiocruz.br/iah/pt/verbetes/muspaul.htm>. Acesso em: 27 fevereiro 2020.
- MUSEU DE ZOOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (MZSP), 2019. **MZSP - Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo**. [Material institucional]. São Paulo.
- NEARNS, E. H., F. E. L. NASCIMENTO & S. A. CASARI, 2019. Onciderini Thomson, 1860 (Coleoptera: Cerambycidae: Lamiinae) types of the Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo (MZSP), with a brief history of the Coleoptera collection. **Insecta Mundi** 715: 1-27.
- NOMURA, H., 1991. Karol Lenko. In: H. NOMURA. **Vultos da zoologia brasileira**: v. 2: 204-205. Fundação Guimaráes Duque (Coleção Mossoroense, Série C), Mossoró.
- PRADO, L. P. & C. R. F. BRANDÃO, 2013. Catalogue of Cephalotini ant types (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) deposited in the Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia** 53(20): 187-209. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0031-10492013002000001>.
- REIS-MENEZES, A. A., 1998. **Levantamento da fauna de formigas de uma localidade de cerrado e dinâmica de visitação às iscas**. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SANTOS, H. R. S., P. S. GÔLO, M. SILVA, I. S. COELHO, S. R. PAIVA & D. R. OLIVEIRA, 2018. Os impactos da legislação ambiental brasileira sobre as coleções biológicas. **Diversidade e Gestão** 2(2): 52-61.
- SCOTT-SANTOS, C. P., F. A. ESTEVES & C. R. F. BRANDÃO, 2008. Catalogue of “poneromorph” ant type specimens (Hymenoptera, Formicidae) deposited in the Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia** 48(11): 75-88. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0031-10492008001100001>.
- SILVA, R. R., 1999. **Riqueza de formigas (Hymenoptera: Formicidae) nos cerrados e similaridade entre uma localidade no Planalto Central e duas no Sudeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SILVA, R. R., 2004. **Estrutura de guildas de formigas (Hymenoptera: Formicidae) de serapilheira em quatro áreas de Floresta Atlântica do Sul e Sudeste do Brasil**. Tese (Doutorado em Zoologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SILVA, R. R., C. R. F. BRANDÃO & R. SILVESTRE, 2004. Similarity between Cerrado localities in Central and Southeastern Brazil based on the dry season bait visitors ant fauna. **Studies on Neotropical Fauna and Environment** 39(3): 191-199. DOI: <https://doi.org/10.1080/01650520412331271783>.

- SILVA, R. R. & C. R. F. BRANDÃO, 2010. Morphological patterns and community organization in leaf-litter ant assemblages. **Ecological Monographs** 80(1): 107-124. DOI: <http://doi.org/10.1890/08-1298.1>.
- SILVA, T. S. R., 2014. **Dacetini (Hymenoptera: Formicidae) da Mata Atlântica**. Dissertação (Mestrado em Sistemática, Taxonomia Animal e Biodiversidade) - Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo. DOI: <http://doi.org/10.11606/D.38.2014.tde-06092014-121842>.
- SILVA, T. S. R. & C. R. F. BRANDÃO, 2014. Further ergatoid gyne records in the ant tribe Dacetini (Formicidae: Myrmicinae). **Neotropical Entomology** 43(2): 161-71. DOI: <http://doi.org/10.1007/s13744-013-0192-7>.
- SILVESTRE, R., 1995. **Levantamento da fauna de formigas de uma mancha de Cerrado no estado de São Paulo e observações sobre a dinâmica de visitação às iscas**. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, São Paulo.
- SILVESTRE, R., 2000. **As formigas dos Cerrados**. Tese (Doutorado em Entomologia) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, São Paulo.
- SILVESTRE, R., C. R. F. BRANDÃO & R. R. SILVA, 2003. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del cerrado. In: F. FERNÁNDEZ (Ed.): **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**: 113-148. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- ULYSSEÁ, M. A., 2012. **Estrutura de guildas em formigas associadas à serrapilheira de Caatingas arbóreas**. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana.
- ULYSSEÁ, M. A. & C. R. F. BRANDÃO, 2012. A new ant species of *Oxyepoecus* (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae), with the description of *Oxyepoecus browni* gyne and new records for the genus. **Papéis Avulsos de Zoologia** 52: 167-173. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0031-10492012001400001>.
- ULYSSEÁ, M. A. & C. R. F. BRANDÃO, 2013a. Ant species (Hymenoptera, Formicidae) from the seasonally dry forests of northeastern Brazil: a compilation from field surveys in Bahia and literature records. **Revista Brasileira de Entomologia** 57(2): 217-224. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0085-56262013005000002>.
- ULYSSEÁ, M. A. & C. R. F. BRANDÃO, 2013b. Catalogue of Dacetini and Solenopsidini ant type specimens (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) deposited in the Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia** 53(14): 187-209. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0031-10492013001400001>.
- ULYSSEÁ, M. A., L. P. PRADO & C. R. F. BRANDÃO, 2015. Type specimens of the traditional Myrmicinae (Hymenoptera: Formicidae) ant tribes deposited in the Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Brazil: Adelomyrmecini, Basicerotini, Blepharidattini, Crematogastrini, Formicoxenini, Lenomyrmecini, Myrmicini, Phalacromyrmecini, Pheidolini, Stegomyrmecini, Stenammini and Tetramoriini. **Papéis Avulsos de Zoologia** 55(12): 75-204. DOI: <http://doi.org/10.1590/0031-1049.2015.55.12>.
- ULYSSEÁ, M. A., L. P. PRADO & C. R. F. BRANDÃO, 2017. Catalogue of the Dolichoderinae, Formicinae and Martialinae (Hymenoptera: Formicidae) types deposited at the Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia** 57(23): 295-311. DOI: <http://doi.org/10.11606/0031-1049.2017.57.23>.
- VANZOLINI, P. E., 1994. Museu de Zoologia. **Estudos Avançados** 8(22): 579-580. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0103-40141994000300085>.
- ZAHER, H. & P. S. YOUNG, 2003. As coleções zoológicas brasileiras: panorama e desafios. **Ciência e Cultura** 55(3): 24-26.

# Coleção Entomológica Padre Jesus Santiago Moure: um novo centro de referência para a formação de sistematas de formigas (Hymenoptera: Formicidae)

## Entomological Collection Padre Jesus Santiago Moure: a new reference center for the formation of ant systematists (Hymenoptera: Formicidae)

Paloma L. Andrade<sup>1</sup>  | Rodrigo M. Feitosa<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná, Brasil

**Resumo:** Apresentamos aqui um breve histórico da Coleção Entomológica Padre Jesus Santiago Moure da Universidade Federal do Paraná (DZUP), Curitiba, Brasil, com ênfase na origem e na representatividade de seu recém-expandido acervo mirmecológico. Listamos os principais eventos de expansão, as instalações, os grupos de pesquisa associados e as instituições colaboradoras, essenciais para o estabelecimento do acervo de formigas da DZUP. Finalmente, destacamos o exponencial crescimento deste acervo mirmecológico, que passou de quatro gavetas entomológicas e cerca de 1.000 exemplares depositados, em 2013, para, atualmente, cerca de 360 gavetas e 180.000 exemplares.

**Palavras-chave:** Coleções entomológicas. Curadoria. Mirmecologia.

**Abstract:** Here we present a brief historic of the Entomological Collection Padre Jesus Santiago Moure of the Federal University of Paraná (DZUP), Curitiba, Brazil, with emphasis on the origin and coverage of its newly expanded myrmecological collection. We list key events of expansion, facilities descriptions, associated research groups, and collaborating institutions essential for the establishment of the DZUP ant collection. Finally, we highlight the exponential growth of the myrmecological collection, from four entomological drawers and about 1,000 specimens deposited in 2013 to about 360 drawers and 180,000 specimens today.

**Keywords:** Entomological collections. Curation. Myrmecology.

---

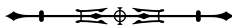
ANDRADE, P. L. & R. M. FEITOSA, 2020. Coleção Entomológica Padre Jesus Santiago Moure: um novo centro de referência para a formação de sistematas de formigas (Hymenoptera: Formicidae). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(1): 277-288. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.244>.

Autora para correspondência: Paloma Leal Andrade. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Entomologia. Departamento de Zoologia. Centro Politécnico – Jardim das Américas. Caixa postal: 19020. Curitiba, PR, Brasil. CEP 81531-980 ([palomaandradebio@gmail.com](mailto:palomaandradebio@gmail.com)).

Recebido em 20/12/2019

Aprovado em 03/02/2020

Responsabilidade editorial: Livia Pires do Prado



## A UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ NO CONTEXTO DE COLEÇÕES BIOLÓGICAS

As coleções biológicas são essenciais para o desenvolvimento da ciência e constituem-se de organismos, ou de partes desses, que, após o exercício de coleta em trabalhos de campo, são processados e sistematizados para que haja um uso posterior, seja ele voltado para fins científicos, didáticos, particulares ou patrimoniais. Uma coleção biológica representa um banco de dados com o máximo de informações sobre o material que abriga. O estudo da biodiversidade está aliado ao desenvolvimento de uma nação, sendo as coleções biológicas um patrimônio de interesse científico, tecnológico e, até mesmo, de segurança nacional. Os dados mantidos nesses conjuntos fornecem informações de distribuição geográfica, biodiversidade, exigências ecológicas, mudanças e influências ambientais e humanas (Camargo *et al.*, 2015 *apud* Camargo, 2005, 2009).

As coleções biológicas no estado do Paraná são conhecidas internacionalmente devido aos projetos de pesquisa embasados por elas e aos pesquisadores renomados a elas vinculados. O mesmo se aplica à principal coleção de insetos do estado, a Coleção Entomológica Padre Jesus Santiago Moure (DZUP).

Jesus Santiago Moure (1912-2010), que dá nome à DZUP, foi um dos mais importantes naturalistas brasileiros, sendo responsável pela fundação desta coleção, abrigada na Universidade Federal do Paraná (UFPR), em Curitiba, Brasil (Figura 1). A UFPR, por sua vez, é a mais antiga universidade federal do país, fundada em 19 de dezembro de 1912. Atualmente, a DZUP é a segunda maior coleção de insetos do Brasil, antecedida apenas pela coleção entomológica do Museu de Zoologia da Universidade São Paulo. Esta segunda posição foi tragicamente herdada do Museu Nacional do Rio de Janeiro, que teve seu acervo entomológico devastado pelo incêndio ocorrido em 2018. A DZUP apresenta, hoje, aproximadamente oito milhões de exemplares de todas as ordens (UFPR, 2019).



Figura 1. Entrada do setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, onde está localizada a Coleção Entomológica Padre Jesus Santiago Moure (DZUP). Foto: Paloma Andrade (2019).

Com uma trajetória intensa e produtiva, Padre Moure, como era conhecido, dedicou boa parte da sua vida ao estudo das abelhas (Hymenoptera: Apidae). Em 1933, o ribeirão-pretano mudou-se para Curitiba, onde começou sua carreira como professor e pesquisador. Pe. Moure foi um dos responsáveis pelo desenvolvimento da Zoologia no Paraná e no Brasil, especialmente após a fundação do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná, o mais antigo do país. Em 1938, foi fundada a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da UFPR, tendo o Pe. Moure como membro fundador do corpo docente. Apesar de entomólogo, Pe. Moure teve um extenso contato com distintas áreas da Zoologia e foi de grande importância no marco inicial da Biologia Marinha no estado do Paraná em 1951. Isso mostra a sua vocação às Ciências Biológicas e à pesquisa de maneira ampla. Suas colaborações com os professores do Museu Paulista, da Faculdade de Medicina de São Paulo, seus intercâmbios em instituições renomadas e seu cargo como diretor do Museu Paranaense deram a ele todo o conhecimento necessário para tornar-se um impulsionador da pesquisa zoológica no país (Loyola e Silva, 1992).

O Departamento de Zoologia da UFPR é reconhecido pelo nível de excelência em pesquisa científica, com docentes credenciados em um ou mais

de seus programas de pós-graduação, nominalmente os programas de Entomologia, Zoologia e Ecologia & Conservação. Considerando-se a produção do corpo docente e a contribuição dos discentes e dos servidores técnico-administrativos, este departamento soma historicamente mais de 2.000 publicações, distribuídas em artigos em periódicos científicos, livros, capítulos de livros, publicações técnicas, relatórios técnico-científicos, entre outras, bem como é importante destacar o envolvimento em projetos de extensão (UFPR, 2019).

Esse consolidado grupo apresenta grande repercussão no cenário entomológico internacional nas mais diversas áreas de pesquisa, sendo sua principal linha de atuação Sistemática, Taxonomia e Biogeografia das ordens Diptera, Hymenoptera, Coleoptera, Hemiptera, Lepidoptera, Neuroptera e Odonata. Em adição, projetos em áreas aplicadas com foco em Entomologia Agroflorestal e Médico-Veterinária contribuem para inúmeros estudos em biologia e controle de pragas agrícolas e florestais, ecologia química, genética molecular e manejo integrado de insetos. Já os projetos em Ecologia e Diversidade apresentam ênfase em ecologia evolutiva e etologia das grandes ordens de insetos, além de entomologia forense e diversidade de insetos neotropicais (por exemplo, Rafael *et al.*, 2012; Carvalho & Almeida, 2011; Moure *et al.*, 2007; Almeida *et al.*, 1998; Baccaro *et al.*, 2015).

Em 2005, o Departamento de Zoologia da UFPR tornou-se a sede do Projeto Taxonline - Rede Paranaense de Coleções Biológicas, sob a coordenação da Dra. Luciane Marinoni, que abrange inúmeras coleções municipais, estaduais, federais e privadas, englobando, além de acervos de todos os grupos zoológicos, diversas coleções microbiológicas e botânicas (Taxonline, 2019). A Coleção Entomológica Padre Jesus Santiago Moure é o ponto central deste projeto, cujo objetivo é a informatização dos dados das coleções para disponibilização *online*. As informações são obtidas a partir dos rótulos dos exemplares, sendo que esse sistema de armazenamento deverá ser digitalizado continuamente, possibilitando, assim, o rastreamento da

origem, da distribuição e da quantidade dos exemplares, além de responder a possíveis outras perguntas envolvendo esses dados. O Projeto Taxonline faz parte, desde 2013, do Sistema de Informações sobre a Biodiversidade Brasileira (SIBBr) e do *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF), os quais são plataformas que disponibilizam dados científicos sobre biodiversidade (Marinoni, L. & Melo, 2020).

Finalmente, além de seus três programas de pós-graduação de extensa produção e reconhecimento, o Departamento de Zoologia da UFPR é a sede da Sociedade Brasileira de Zoologia e da Sociedade Brasileira de Entomologia e, conseqüentemente, de suas tradicionais e internacionalmente reconhecidas revistas científicas: a *Zoologia - an International Journal for Zoology* e a *Revista Brasileira de Entomologia - a Journal on Insect Diversity and Evolution*.

## ORIGEM E EXPANSÃO DO ACERVO DE FORMIGAS DA DZUP

O acervo de Hymenoptera da Coleção Padre Moure conta com cerca de 600 mil exemplares. Em virtude da especialidade dos renomados melitólogos Padre Moure, Danúncia Urban, Gabriel Melo e, mais recentemente, Rodrigo Gonçalves, membros do Departamento de Zoologia da UFPR, o acervo de Hymenoptera é majoritariamente representado pelas abelhas (Apidae), que somam aproximadamente 340 mil espécimes (SpeciesLink, 2019). Os demais espécimes correspondem principalmente a diferentes grupos de vespas.

No entanto, estas proporções começaram a se alterar a partir de 21 de janeiro de 2013, quando o Dr. Rodrigo Machado Feitosa ingressou como professor do Departamento de Zoologia da UFPR, fundando o Laboratório de Sistemática e Biologia de Formigas da UFPR (LSBF). Sendo a especialidade de Rodrigo a sistemática de Formicidae, ampliou-se rapidamente o estudo de formigas e o enriquecimento do acervo mirmecológico da DZUP. Até então, este acervo contava com algumas amostras históricas e material dos trabalhos

desenvolvidos pelo Laboratório de Dinâmica Evolutiva e Sistemas Complexos, coordenado pelo Dr. Marcio Roberto Pie, membro do Departamento de Zoologia da UFPR e, até então, único pesquisador a conduzir estudos com formigas, na instituição, voltados para ecologia e biologia evolutiva. De fato, a colaboração com o laboratório do Dr. Marcio Pie foi fundamental para o estabelecimento do LSBF, especialmente em projetos envolvendo evolução e biologia molecular.

O material histórico referido aqui compreende o acervo coletado e incorporado à coleção antes dos anos 2000. Vários foram os pesquisadores e coletores amadores que depositaram exemplares ou que tiveram suas coleções parcial ou totalmente adquiridas pela DZUP. Nesse sentido, o Coronel Moacyr Alvarenga (1915-2010) é um dos nomes a serem destacados, sendo a sua coleção de insetos representada por aproximadamente 25.000 exemplares na DZUP, principalmente da ordem Coleoptera (Marinoni, R. *et al.*, 1992), embora seja indiscutível sua contribuição para outras ordens. Formigas coletadas por Alvarenga encontram-se bem representadas na DZUP. De fato, o estado do Espírito Santo está representado na DZUP principalmente por espécimes coletados ao final dos anos 1960 por Alvarenga e equipe.

Na década de 1980, teve início o Programa de Desenvolvimento Integrado para o Noroeste do Brasil, financiado pelo Governo Federal, cujo nome abreviado é Polonoroeste. Esse projeto propunha o desenvolvimento econômico em vários setores da agricultura e a construção da BR-364 no Mato Grosso, sendo que o grupo de entomólogos da UFPR ficou responsável pelo levantamento de insetos nas regiões afetadas (Oliveira, R., 1994). Diversas formigas foram coletadas pelo Projeto Polonoroeste e encontram-se hoje depositadas no acervo da DZUP.

No Paraná, as décadas de 1960, 1970 e 1980 foram as mais prolíficas em termos de formigas coletadas no estado e representadas no acervo da DZUP. Em pelo menos dois rótulos da coleção consta o nome do Pe. Moure, sendo um deles referente a uma expedição realizada

juntamente com o professor da Olaf Mielke, outro grande nome da entomologia e que ainda está em atividade na Universidade Federal do Paraná. A espécie coletada por Moure e Mielke é uma operária de *Dorymyrmex brunneus* Forel, 1908, capturada em Foz do Iguaçu, em fevereiro de 1969. O segundo registro em que consta o nome de Pe. Moure refere-se a uma operária de *Camponotus rufipes* (Fabricius, 1775), coletada no município de Palmas, no Paraná, juntamente com o professor da UFPR e grande especialista em hemípteros Albino Sakakibara, em novembro de 1978. Apesar da existência de diversos eventos avulsos de coleta, a origem de grande parte das formigas no material histórico da coleção para o estado do Paraná é vinculada aos projetos Levantamento da Fauna Entomológica no Estado do Paraná (PROFAUPAR) e Levantamento da Fauna Entomológica do Parque Estadual de Vila Velha, em Ponta Grossa (PROVIVE).

O PROFAUPAR foi realizado durante o período de agosto de 1986 a julho de 1988 em oito localidades do estado do Paraná, com o objetivo de inventariar a entomofauna do estado de forma padronizada com o uso de armadilhas de interceptação de voo do tipo Malaise (Marinoni, R. & Dutra, 1991). O PROVIVE foi uma iniciativa proposta em 1999 pelos professores Renato C. Marinoni, Luciane Marinoni e Cibele S. Ribeiro-Costa, a qual perdurou até o ano de 2002. As coletas desse projeto foram realizadas ao longo de três anos em áreas do parque, caracterizadas por capões de araucárias e áreas alteradas pela antropização. No caso do PROVIVE, além das armadilhas do tipo Malaise, foram empregadas armadilhas de solo do tipo *pitfall*.

Embora extremamente importantes para a ampliação do conhecimento entomológico no estado do Paraná, os projetos ora mencionados não tinham como objetivo primário a captura de insetos representantes da fauna edáfica, de modo que formigas não estavam representadas em grande parte das amostras. Uma exceção pode ser feita com relação às formas sexuadas (rainhas aladas e machos), que foram amostradas com maior abundância



por estes projetos, embora nunca tivessem sido processadas e incluídas no acervo principal até agora. De fato, até o ano de 2013, o acervo de formigas da DZUP contava com apenas quatro gavetas entomológicas completas e aproximadamente 1.000 espécimes oriundos majoritariamente da coleção histórica.

Com o estabelecimento do LSBF, em 2013, as primeiras expedições de coleta e os projetos tinham como objetivo ampliar o conhecimento sobre a mirmecofauna paranaense, um estado surpreendentemente subamostrado para formigas, especialmente em comparação a seus estados vizinhos, São Paulo e Santa Catarina (Kempf, 1972; Ulysséa *et al.*, 2011). Entre março de 2014 e janeiro de 2016, as expedições de coleta do LSBF foram exclusivamente realizadas no estado do Paraná, em diferentes áreas de Mata Atlântica (incluindo campos naturais) e fragmentos de Cerrado. As primeiras coletas foram realizadas na Reserva Natural Rio Cachoeira, hoje Reserva Natural Guaricica, no município de Antonina, na encosta da serra do Mar paranaense (25° 18' 53,24" S, 48° 41' 46,22" O) e no Parque Estadual do Pico do Marumbi, em Piraquara (25° 27' 13" S, 48° 55' 11" O). O material obtido alimentou o primeiro projeto de mestrado desenvolvido no laboratório pela aluna Juliana Maria Calixto, defendido em 2016 (Calixto, 2016).

As expedições seguintes englobaram um projeto maior, aprovado em 2014, intitulado "Formigas e a conservação dos Campos Gerais paranaenses: uma abordagem ecológica e taxonômica", financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), no âmbito do edital Universal. Associado a este estudo também estava o projeto Rede de Pesquisa Biota do Cerrado – Isoptera e Hymenoptera, coordenado pelo Dr. Heraldo Vasconcelos, do Laboratório de Ecologia de Insetos Sociais da Universidade Federal de Uberlândia. As coletas para estes projetos foram realizadas no Parque Estadual de Vila Velha, município de Ponta Grossa (25° 14' 46" S, 50° 01' 13" O), no Parque Estadual do Cerrado, em Jaguariaíva (24° 10' 00" S, 49° 39' 56" W),

e no Parque Estadual do Guartelá, em Tibagi (24° 34' 06" S, 50° 16' 02" O). Essas áreas localizam-se em uma região de fisionomia singular entre os campos naturais brasileiros, denominada de Campos Gerais paranaenses, que se distribuem por 11.761,41 km<sup>2</sup> e abrangem 22 municípios paranaenses. Por sua baixa aptidão agrícola, esses campos ainda possuem uma vegetação reliquiar remanescente de épocas mais secas, do período Quaternário. Segundo Melo *et al.* (2007), os Campos Gerais foram definidos como uma região fitogeográfica, ou seja, caracterizada pela vegetação natural que compreende campos limpos e campos de cerrados naturais, localizados na borda do Segundo Planalto paranaense.

Os dados obtidos nessas expedições embasaram as primeiras pesquisas de iniciação científica do laboratório, conduzidas pelos alunos Weslly Franco e Aline Machado de Oliveira, entre 2014 e 2015 (Franco, 2018; Oliveira, A., 2015). Demais expedições de coleta no estado foram realizadas no Refúgio de Vida Silvestre dos Campos de Palmas, município de Palmas (26° 31' 40" S, 51° 36' 17" O), e no Parque Estadual das Lauráceas, em Adrianópolis e Tunas do Paraná (24° 51' 20" S, 48° 42' 51" O). Foram também registradas coletas feitas para fins didáticos (cursos de campo e disciplinas) em áreas dos municípios de Curitiba, Morretes e São José dos Pinhais.

Expedições adicionais foram conduzidas na Reserva Natural Guaricica, no âmbito do Programa de Pesquisas em Biodiversidade (PPBio) Mata Atlântica, coordenado pela Dra. Márcia Marques, do Departamento de Botânica da UFPR, e que passou a integrar o Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD) Lagamar, em uma iniciativa que visa à obtenção de importantes informações para a conservação da biodiversidade e o uso sustentável dos recursos naturais dos ecossistemas brasileiros. Criado em 1996, o PELD tem como foco o estabelecimento de sítios de pesquisa permanentes nos mais diversos biomas e ecossistemas brasileiros integrados em uma rede de colaboração que abrange as mais diversas áreas do conhecimento. As iniciativas do PELD para a gestão

dos recursos ecossistêmicos trazem retorno através de indicadores de produção em subprojetos, parcerias, recursos humanos, artigos científicos, livros, dissertações, teses, monografias, patentes e programas de pós-graduação (CNPq, 2019).

As coletas do PELD são padronizadas de acordo com a metodologia aplicada para cada grupo. No caso das formigas, o protocolo aplicado foi denominado AntPELD, proposto pelos pesquisadores Rodrigo Feitosa e Márcio Pie, da UFPR, após consulta a colegas ecólogos atuando em diferentes instituições. O protocolo consiste basicamente na instalação de armadilhas de queda do tipo *pitfall* em três transectos de 500 metros, afastados 1 km uns dos outros, cada um contendo 20 *pitfalls*, separados por 25 metros. Este protocolo (AntPELD) foi amplamente divulgado e, atualmente, uma rede de pesquisadores em todos os biomas do Brasil tem realizado coletas no âmbito deste projeto, enviando as formigas capturadas ao acervo da DZUP. A proposta é a realização de diferentes trabalhos sobre a estrutura ecológica e filogenética de comunidades de formigas em variados biomas do Brasil e o estabelecimento de um grande banco de tecidos para estudos envolvendo biologia molecular, sediado na DZUP. Até a presente data, 18 localidades de todos os biomas brasileiros já foram amostradas.

Outra fonte constante de amostras ao acervo de formigas da DZUP é o Curso Formigas do Brasil (CFB), idealizado em consequência da carência de um curso de atualização imersivo em Mirmecologia no país. Coordenado pelos pesquisadores Dr. Fernando Schmidt (Universidade Federal do Acre), Dra. Carla Ribas (Universidade Federal de Lavras) e Dr. Rodrigo Feitosa (UFPR), o curso tem como objetivo proporcionar experiência teórico-prática em distintos aspectos da Mirmecologia a estudantes e profissionais com interesse em formigas. Nesse sentido, o CFB inclui uma etapa intensiva de coleta, com diferentes técnicas de amostragem, e que geram material para fins didáticos e científicos. As edições-piloto foram realizadas em 2012 e 2013, na Universidade Federal de Lavras e na

Universidade Federal de Belo Horizonte, respectivamente. Desde então, o curso passou a ser bianual. Cada edição é realizada em um bioma brasileiro, já tendo passado pelo Cerrado, em 2014 (Uberlândia, Minas Gerais), pela Amazônia, em 2016 (Rio Branco, Acre), e pela Mata Atlântica, em 2018 (Santa Teresa, Espírito Santo). Como dito, o processamento e a incorporação tanto do material do AntPELD como o do CFB são realizados integralmente na DZUP, o que expandiu significativamente o acervo de formigas da coleção.

Em 2014, o LSBF teve seu primeiro projeto temático de grande porte aprovado em âmbito internacional, intitulado *Biodiversity Conservation and Scientific Capacity Development in the Brazilian Amazon using Ants as Bioindicators and Ecosystem Health Indicators*, com valor global de aproximadamente R\$ 500.000,00. Neste projeto, foram conduzidas expedições em regiões de difícil acesso, nunca ou raramente amostradas para formigas no país. Em 2016, foram realizadas coletas no Parque Nacional da Serra das Confusões (Piauí) (9° 13' 18" S, 43° 29' 33" O), no Parque Nacional da Serra da Capivara (Piauí) (8° 46' 26" S, 42° 50' 22" O), na Floresta Nacional Saracá-Taquera (Pará) (1° 38' 31" S, 56° 37' 54" O) e no Parque Nacional da Serra do Divisor (Acre) (8° 21' 56" S, 73° 10' 53" O). Em 2017, conduzimos expedições ao Parque Nacional das Montanhas do Tumucumaque (Amapá) (2° 00' 34" N, 53° 32' 41" O) e ao Parque Nacional do Viruá (Roraima) (1° 19' 50" N, 61° 09' 05" O). Finalmente, em 2018 coletamos na Reserva Particular do Patrimônio Natural Serra Bonita (Bahia) (15° 24' 00" S, 39° 34' 17" O).

Um evento de importância maior na consolidação e na expansão do grupo de pesquisas em Mirmecologia da UFPR e, conseqüentemente, do acervo de formigas da DZUP foi a contratação do Dr. John E. Lattke pelo Departamento de Zoologia da referida universidade em 2014. John é um dos maiores nomes da sistemática de formigas do mundo, com uma prolífica trajetória científica e passagens profissionais frutíferas pelos Estados Unidos (Davis), Venezuela (Maracay) e Equador (Loja). Ele ainda

incorporou à DZUP um vasto e precioso lote de formigas em via líquida, coletadas em dezenas de países (em especial, a Venezuela) de todas as regiões biogeográficas do mundo. Trata-se de uma réplica da coleção de formigas do *Museo del Instituto de Zoología Agrícola de la Universidad Central de Venezuela*, Maracay, Venezuela, da qual John foi curador no período de 1993 a 2014.

Também em 2014, o LSBF recebeu sua primeira grande remessa de material do exterior. A doação foi realizada pelo grupo de pesquisa francês *Société Entomologique Antilles-Guyane* (SEAG), em atuação na Guiana Francesa. Diversos lotes contendo milhares de formigas coletadas com armadilhas de interceptação de voo de baixa altitude foram enviados à DZUP para depósito. As coletas foram realizadas nas comunas de Saül e Roura, em 2011. Este material, contendo 112 espécies e 22 novos registros para a Guiana Francesa, foi a base para a elaboração da primeira lista de espécies de formigas para a Guiana Francesa (Franco *et al.*, 2019).

Uma vez tendo seu grupo de mirmecólogos estabelecido e três laboratórios em atividade, a DZUP tornou-se muito rapidamente um grande centro de pesquisa em Mirmecologia e uma instituição de referência para o depósito de material-testemunho de pesquisas realizadas com formigas no Brasil e no exterior. São inúmeras as fontes de envio de material à DZUP, incluindo o depósito de *vouchers* por parte de grupos de pesquisa em ecologia, evolução e comportamento de formigas em mais de 35 instituições no país e no exterior (Feitosa Lab, 2018). Em adição, a DZUP é depositária de material de cursos de campo internacionais, como o *Ant Course* e o *Curso de Hormigas Neotropicales*, realizados periodicamente em distintas regiões do mundo, além de projetos de consultoria e de doações de coleções particulares.

O acervo de formigas da Coleção Entomológica Padre Jesus Santiago Moure também se beneficia de diversas colaborações com o Laboratório de Sistemática, Evolução e Biologia de Hymenoptera do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZSP), que tem

como curador o Prof. Dr. Carlos Roberto Ferreira Brandão. A coleção de formigas do MZSP é a mais representativa da região Neotropical em número de espécimes-tipo e abrangência geográfica, sendo que a sua história se mescla com a própria história da Mirmecologia neotropical. Os primeiros registros de depósito de material no acervo do MZSP datam do final do século XIX, e o acervo ainda abriga as coleções de grandes nomes históricos da taxonomia de formigas, como os freis franciscanos Tomás Borgmeier (1892-1975) e Walter Kempf (1920-1976) (Klingenberg & Brandão, 2005).

Além da estreita e frutífera relação com o MZSP, desde o início, o acervo de formigas da DZUP conta com a colaboração do Laboratório de Mirmecologia da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), em Ilhéus, na Bahia, sob a curadoria do Dr. Jacques Delabie. Como suporte para o estabelecimento e a expansão da coleção de formigas da DZUP, entre os anos de 2013 e 2018, o Dr. Jacques Delabie doou ao acervo da DZUP cerca de 2.320 exemplares pertencentes a 906 espécies de formigas de todas as regiões do mundo. Esta doação representa um divisor de águas na história do acervo mirmecológico da DZUP, uma vez que proporcionou independência aos estudos de taxonomia de formigas desenvolvidos na instituição. Além dessa valiosa doação, há uma parceria constante com a CEPLAC por meio de inúmeras visitas para exame de material, colaborações em trabalhos, cursos e afins.

Em 2018, em contato com o Laboratório de Sistemática e Biologia de Formigas da UFPR, o Dr. Jorge L. M. Diniz, da Universidade Federal de Goiás, *campus* Jataí – um dos maiores nomes da taxonomia de formigas neotropicais e curador de um acervo de formigas de riqueza imensurável –, anunciou sua aposentadoria e, com ela, a proposta de doar integralmente sua coleção à DZUP. Concretizados os trâmites burocráticos, a doação envolveu cerca de 165 gavetas entomológicas e 300 lotes líquidos contendo cerca de 50 mil espécimes das mais diversas regiões biogeográficas do globo, incluindo espécimes-tipo.

Além de apresentar-se como uma volumosa coleção, o valor científico desta doação está centrado no fato de que este acervo inclui réplicas das coleções particulares do Frei Walter Kempf e do Frei Tomás Borgmeier, representantes máximos da taxonomia de formigas no Brasil e dois dos maiores nomes da Mirmecologia mundial, cujas coleções originais se encontram no Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, como já dito. Ademais, esta doação também envolveu o acervo bibliográfico do laboratório do Dr. Diniz, que conta com publicações históricas, incluindo volumes originais da revista *Studia Entomologica*, além de separatas, cadernos de campo e catálogos oriundos das bibliotecas de Kempf, Borgmeier e Diniz. Ao todo, o material doado pela Universidade Federal de Goiás representou um incremento de mais de um terço do volume total de espécimes na coleção de formigas da DZUP à época.

Em 2017, um projeto de iniciação científica conduzido pela então graduanda Paloma Andrade (Andrade, 2017) teve como propósito descrever a origem e a representatividade do acervo de formigas da Coleção Entomológica Padre Jesus Santiago Moure, com base nos dados obtidos diretamente das etiquetas dos espécimes e dos outros projetos que geraram o material até o início do ano em questão. Por uma limitação de tempo, foram levantados dados de todas as subfamílias de formigas de ocorrência neotropical, exceto de *Agroecomyrmecinae*, *Martialinae* e *Myrmicinae*. Este estudo foi o primeiro passo para a realização de um grande projeto de informatização do acervo de formigas da DZUP.

Em relação à cobertura geográfica da coleção, o Brasil é, sem dúvidas, o país mais bem representado, tanto em número de espécies quanto em indivíduos coletados, sendo que a DZUP abriga espécimes de todas as regiões geopolíticas e de todos os estados do país. Além do Brasil, a coleção abriga espécimes de mais outros 25 países.

Embora em uma proporção menor do que os estados do Sul e do Sudeste, as regiões Norte e Nordeste são historicamente alvo de expedições científicas. As

datas de coleta para o material proveniente da região Nordeste na DZUP variam desde os anos 1990 até 2014. No Norte, Pará e Rondônia apresentam destaque, devido à grande representação no acervo da DZUP de formigas provenientes destes estados, em consequência de grandes expedições realizadas. As formigas da região Norte depositadas nesta coleção estão representadas por espécimes coletados principalmente a partir dos anos 1990, com destaque para amostras que a equipe da pesquisadora Ana Yoshi Harada obteve, a qual conduziu expedições durante vários anos na região. Já os demais estados, incluindo Acre, Amapá e Tocantins, estão representados por formigas coletadas em sua grande maioria entre os anos de 1961 e 1963 por Moacyr Alvarenga e sua equipe. As formigas do estado do Amazonas foram majoritariamente coletadas nos anos 1990 por vários pesquisadores.

Na região Centro-Oeste do Brasil, os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul possuem o maior número de espécimes representados na coleção. As localidades de coletas são as mais distintas, incluindo fazendas, reservas e outras áreas de conservação. As expedições também variam muito em relação às equipes e às datas, sendo que os registros de coleta para ambos os estados ocorreram desde o início dos anos 1960 e seguem até os dias atuais. Devido ao projeto Polonoeste, o estado de Mato Grosso apresenta grande representatividade no acervo. A região Centro-Oeste também se destaca pela Coleção Diniz, que inclui uma ampla série de espécimes coletados em diversas regiões do estado de Goiás.

Para a região Sudeste do Brasil, o estado de Minas Gerais é o que apresenta o maior número de espécimes depositados na DZUP. Isso se deve principalmente ao material-testemunho gerado pelo Curso Formigas do Brasil. As formigas de Minas Gerais presentes na coleção são em grande parte provenientes das edições iniciais do curso, realizadas em diferentes regiões do estado nos anos de 2012 a 2014. Soma-se a este material uma grande quantidade de *vouchers* depositados na coleção por diversos grupos de pesquisa em ecologia de formigas

sediados em diferentes instituições e regiões do estado de Minas Gerais, com o maior número de laboratórios desta especialidade no Brasil.

Em relação aos demais estados do Sudeste, São Paulo também é diverso em relação aos coletores e às datas de coleta. Rio de Janeiro está representado por espécies depositadas na DZUP desde o final dos anos 1950. Contudo, a maior parte do material foi coletada no ano de 2015, no projeto conduzido por Chaim Lasmar (Lasmar *et al.*, 2020), então doutorando da Universidade Federal de Lavras, que investigou o efeito da altitude e a formação vegetal sobre a comunidade de formigas na região do Parque Nacional do Itatiaia e depositou os *vouchers* de centenas de amostras na DZUP. Quanto ao Espírito Santo, grande parte das espécies de formigas depositadas na coleção é proveniente da década de 1960, coletada por Moacyr Alvarenga e equipe, como já mencionado. Contudo, um amplo volume de amostras provenientes da edição de 2018 do Curso Formigas do Brasil, realizado no município serrano de Santa Teresa, foi recentemente incorporado à coleção.

Para o Sul do Brasil, o Paraná, como esperado, conta com o maior número de espécimes depositado na DZUP até o momento. A coleta mais antiga para este estado data de 1966, sem nome de autor ou equipe de coleta. Os exemplares históricos deste estado têm como coletores alguns dos principais nomes da Entomologia brasileira, como Pe. Moure, Olaf Mielke, Albino Sakakibara e Gabriel Melo. O Rio Grande do Sul também está bem representado no acervo, mas com número de espécimes menor em comparação aos estados ao norte dessa região. Santa Catarina está representada por registros de coleta datados desde o final dos anos 1970, mas com numerosas amostras recentes coletadas por Eduardo Cereto (em 2008), Mônica Antunes Ulysséa (em 2009) e Fabiano F. Albertoni (em 2009), então graduandos e pós-graduandos da Universidade Federal de Santa Catarina. Mais recentemente, um imenso lote de material proveniente de Santa Catarina foi depositado na DZUP

como parte dos projetos de mestrado e doutorado da pós-graduanda Mila Martins, orientada pelo Dr. Rodrigo Feitosa, e que investiga a fauna subterrânea de formigas em áreas com distintos usos de solo em Santa Catarina e no Paraná (Martins *et al.*, 2020).

Em razão de a coleção DZUP estar situada na América do Sul, este é o continente com maior destaque de material no acervo, incluindo espécimes de praticamente todos os países sul-americanos. Em seguida, em termos de representatividade na coleção, está a Oceania, representada principalmente pela Austrália, por conta de doações feitas pelos pesquisadores Alan Andersen (Charles Darwin University) e Júlio Chaul (Universidade Federal de Viçosa).

## ESTADO ATUAL E PERSPECTIVAS PARA O ACERVO DE FORMIGAS DA DZUP

Até o ano de 2019, o acervo de formigas da Coleção Padre Jesus Santiago Moure contava com 15 subfamílias e, aproximadamente, 170 gêneros de formigas, um número significativo, considerando-se que, no mundo, há hoje 17 subfamílias e 334 gêneros válidos desses insetos (Bolton, 2019). Isto é, o acervo da coleção já abriga representantes de quase todas as subfamílias de formigas conhecidas e metade dos gêneros válidos existentes no mundo, além de parátipos e holótipos de cerca de 60 espécies em mais de dez gêneros.

Além dos mirmecólogos instalados na DZUP, o LSBF recebe constantemente inúmeros visitantes especialistas na taxonomia de diversos grupos de formigas, possibilitando a identificação e a organização dos espécimes do acervo, na maioria das vezes, até o nível específico, o que é de extrema importância para uma coleção de referência. Além disso, o LSBF recebe inúmeros estudantes e pesquisadores do Brasil e do exterior para confirmação e identificação de material de seus projetos. O laboratório é também procurado frequentemente para a realização de estágios para iniciantes em Mirmecologia, especialmente visando à obtenção de prática no processamento de



amostras e de bases para autonomia em identificação. Esse contato amplia as colaborações e, conseqüentemente, a representatividade do acervo da DZUP, visto que *vouchers* de inúmeros estudos são depositados durante essas visitas.

Após sete anos da criação do LSBF, e em decorrência do grande esforço empreendido pelos grupos de pesquisa em Mirmecologia da UFPR, o acervo de formigas da DZUP passou das iniciais quatro gavetas e aproximadamente 1.000 formigas para cerca de 360 gavetas entomológicas e mais de 180.000 exemplares (Figura 2). Sendo a sistemática a principal linha de pesquisa nos laboratórios do Dr. Rodrigo Feitosa e do Dr. John Lattke, diversos estudos envolvendo revisões taxonômicas globais e regionais estão em andamento atualmente, conduzidos por um dos maiores grupos de taxonomistas em formação no mundo hoje, até onde se sabe. Uma vantagem nítida deste cenário consiste no fato de que esses taxonomistas são as autoridades na classificação dos grupos com os quais trabalham, o que se reflete em uma organização extremamente atualizada e precisa do acervo da coleção.

Os trabalhos de revisão taxonômica em andamento na DZUP envolvem cerca de 20 gêneros de formigas e 14 pesquisadores formados ou em formação, entre projetos de iniciação científica, dissertações de mestrado e teses de doutorado, a saber: *Prionopelta* (Natalia Ladino), *Neocerapachys* e *Syscia* (Paloma Andrade), *Gnamptogenys* (Weslly Franco, Gabriela Camacho e John Lattke), *Cephalotes* e *Probolomyrmex* (Aline Oliveira), *Pheidole* (Alexandre Casadei-Ferreira), *Nomamyrmex* (Jaqueline Paes), *Ochetomyrmex* (Tainara Jory), *Kalathomyrmex* (Ana Carolina Neundorf), *Dinoponera* e *Hypoponera* (Amanda Dias), *Neoponera* (Adrian Troya), *Pachycondyla* (Frederico Marcineiro), *Strumigenys* (Thiago Silva), *Leptogenys* (John Lattke) *Acanthoponera*, *Camponotus*, *Centromyrmex* e *Heteroponera* (Rodrigo Feitosa). Não estão inclusos projetos de revisão taxonômica conduzidos em outras instituições, mas que têm o Dr. Rodrigo Feitosa ou o Dr. John Lattke como coorientadores.



Figura 2. Acervo mirmecológico atual da Coleção Entomológica Padre Jesus Santiago Moure (DZUP), situada na Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil. Foto: Paloma Andrade (2019).

Em adição, tais especialistas tendem a descrever com frequência novas espécies que majoritariamente terão seus tipos depositados na DZUP. Assim, embora modesta e recente, esta coleção de formigas tende a crescer exponencialmente em um futuro próximo, consolidando-se como referência entre pesquisadores do Brasil e do exterior.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. M., C. S. RIBEIRO-COSTA & L. MARINONI, 1998. **Manual de coleta, conservação, montagem e identificação de insetos**: 1-78. Holos Editora, Ribeirão Preto.

ANDRADE, P. L., 2017. **Como nasce uma coleção entomológica?** Origem e representatividade do acervo de formigas da Coleção Padre Jesus Santiago Moure. Relatório de Iniciação Científica. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.



- BACCARO, F. B., R. M. FEITOSA, F. FERNANDEZ, I. O. FERNANDES, T. J. IZZO, J. L. P. SOUZA & R. SOLAR, 2015. **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**: 1-388. Editora INPA, Manaus.
- BOLTON, B., 2019. **AntCat**: an online catalog of the ants of the world. Disponível em: <http://www.antcat.org/>. Acesso em: 19 dezembro 2019.
- CALIXTO, J. M., 2016. **Avaliação dos padrões de atividades de formigas de serapilheira (Hymenoptera: Formicidae) nos períodos diurno e noturno**. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- CAMARGO, A. J. A., 2005. A importância de uma coleção entomológica para o país e para o agronegócio em particular. **Página Rural**, 7 set. 2005. Disponível em: <http://www.paginarural.com.br/artigo/1165/>. Acesso em: 19 janeiro 2020.
- CAMARGO, A. J. A., 2009. Coleções zoológicas: importância estratégica para o país e para o agronegócio em particular. **Portal do Agronegócio**, 22 out. 2009. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/657316/1/art004.pdf>. Acesso em: 19 janeiro 2020.
- CAMARGO, A. J. A., C. M. OLIVEIRA, M. R. FRIZZAS, K. C. SONODA & D. C. V. CORRÊA, 2015. **Coleções entomológicas: legislação brasileira, coleta, curadoria e taxonomia para as principais ordens**: 1-118. EMBRAPA, Brasília.
- CARVALHO, C. J. B. & E. A. B. ALMEIDA, 2011. **Biogeografia da América do Sul**: padrões e processos: 1-320. Roca, São Paulo.
- CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO (CNPq), 2019. Disponível em: <http://www.cnpq.br/>. Acesso em: 9 novembro 2019.
- FEITOSA LAB, 2018. **Laboratório de Sistemática e Biologia de Formigas (UFPR)**. Disponível em: <https://www.feitosalab.com/>. Acesso em: 6 novembro 2019.
- FRANCO, W., 2018. **Riqueza e diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) nos campos naturais paranaenses**. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- FRANCO, W., N. LADINO, J. H. DELABIE, A. DEJEAN, J. ORIVEL, M. FICHAUX, S. GROG, M. LEPONCE & R. FEITOSA, 2019. First checklist of the ants (Hymenoptera: Formicidae) of French Guiana. **Zootaxa** 4674(5): 509-543. DOI: <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.4674.5.2>.
- KEMPF, W. W., 1972. Catálogo abreviado das formigas da região Neotropical. **Studia Entomologica** 15(1-4): 3-344.
- KLINGENBERG, C. & C. R. F. BRANDÃO, 2005. The type specimens of fungus growing ants, Attini (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) deposited in the Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia** 45(4): 41-50. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0031-10492005000400001>.
- LASMAR, C. J., C. R. RIBAS, J. N. C. LOUZADA, A. C. M. QUEIROZ, R. M. FEITOSA, M. M. G. IMATA, G. P. ALVES, G. B. NASCIMENTO, F. S. NEVES & D. Q. DOMINGOS, 2020. Disentangling elevational and vegetational effects on ant diversity patterns. **Acta Oecologica** 102: 103489. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2019.103489>.
- LOYOLA E SILVA, J., 1992. Padre Jesus Santiago Moure - 80 anos. **Revista Brasileira de Zoologia** 9(1-2): 1. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751992000100001>.
- MARINONI, R. C. & R. R. C. DUTRA, 1991. Levantamento da fauna entomológica no estado do Paraná. I. Introdução. Situações climática e florística de oito pontos de coleta. Dados faunísticos de agosto de 1986 a julho de 1987. **Revista Brasileira de Zoologia** 8(1-4): 31-73. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-81751991000100005>.
- MARINONI, R. C., L. M. ALMEIDA, D. S. NAPP & G. H. ROSADO-NETO, 1992. Primeira lista do material-tipo de Coleoptera da Coleção de Entomologia Pe. J.S. Moure, do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná. **Revista Brasileira de Zoologia** 9(1-2): 99-126. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751992000100012>.
- MARINONI, L. & R. G. MELO, 2020. **DZUP- Hymenoptera - Coleção Entomológica Pe. Jesus Santiago Moure (Hymenoptera)**. Version 1.19. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. DOI: <https://doi.org/10.15468/cwlvwm>.
- MARTINS, M. F. O., M. J. THOMAZINI, D. BARRETA, G. G. BROWN, M. G. ROSA, M. R. G. ZAGATTO, A. SANTOS, H. S. NADOLNY, G. B. X. CARDOSO, C. C. NIVA, M. L. C. BARTZ & R. M. FEITOSA, 2020. Accessing the subterranean ant fauna (Hymenoptera: Formicidae) in native and modified subtropical landscapes in the Neotropics. **Biota Neotropica** 20(1): e20190782. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2019-0782>.
- MELO, M. S., G. B. GUIMARÃES, A. F. RAMOS & C. C. PRIETO, 2007. Relevo e hidrografia dos Campos Gerais. In: M. S. MELO, R. S. MORO & G. B. GUIMARÃES (Ed.): **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná**: 93-98. Editora UEPG, Ponta Grossa, Paraná.
- MOURE, J. S., D. URBAN & G. A. R. MELO (Org.), 2007. **Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the neotropical region**: 1-1058. Sociedade Brasileira de Entomologia, Curitiba.
- OLIVEIRA, R. H. R., 1994. **A reforma agrária e suas implicações no processo de desenvolvimento do estado de Rondônia**. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) - Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro.
- OLIVEIRA, A. M., 2015. **Composição da fauna de formigas no extremo meridional do bioma cerrado**. Relatório de Iniciação Científica. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- RAFAEL, J. A., G. A. R. MELO, C. J. B. CARVALHO, S. A. CASARI & R. CONSTANTINO (Ed.), 2012. **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**: 1-795. Holos, Ribeirão Preto.

SPECIESLINK, 2019. Disponível em: <http://slink.cria.org.br/>. Acesso em: 18 outubro 2019.







TAXONLINE, 2019. **Rede paranaense de coleções biológicas**. Disponível em: <http://taxonline.bio.br/>. Acesso em: 2 novembro 2019.

ULYSSEÁ, M. A., C. E. CERETO, F. B. ROSUMEK, R. R. SILVA & B. C. LOPES, 2011. Updated list of ant species (Hymenoptera, Formicidae) recorded in Santa Catarina State, southern Brazil, with a discussion of research advances and priorities. **Revista Brasileira de Entomologia** 55(4): 603-611. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262011000400018>.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR), 2019. **Departamento de Zoologia**. Disponível em: <http://www.bio.ufpr.br/portal/zoologia/>. Acesso em: 10 novembro 2019.

# A Coleção de Formicidae do Centro de Pesquisas do Cacau (CPDC), Ilhéus, Bahia, Brasil

## The Formicidae Collection of the Cocoa Research Center (CPDC), Ilhéus, Bahia, Brazil

Jacques H. C. Delabie<sup>1</sup>  | Esperidião A. Santos-Neto<sup>1</sup>  | Muriel L. Oliveira<sup>1</sup>  |  
Priscila S. Silva<sup>1</sup>  | Roberta J. Santos<sup>1</sup>  | Bianca Caitano<sup>1</sup>  | Cléa S. F. Mariano<sup>1</sup>  |  
Alexandre Arnhold<sup>1</sup>  | Elmo B. A. Koch<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Centro de Pesquisas do Cacau. Convênio UESC/CEPLAC. Itabuna, Bahia, Brasil

<sup>11</sup>Universidade Estadual de Santa Cruz. Ilhéus, Bahia, Brasil

<sup>111</sup>Universidade Federal do Sul da Bahia. Ilhéus, Bahia, Brasil

**Resumo:** Criada em 1990, a Coleção de Formicidae do Centro de Pesquisas do Cacau (CPDC) conta atualmente com cerca de 500.000 espécimes, em geral montados a seco, correspondendo a aproximadamente 4.000 espécies nominais e morfoespécies. Além da coleção geral, existe uma pequena coleção de tipos e uma biblioteca de pesquisa no âmbito do Laboratório de Mirmecologia. O laboratório é multi-institucional e a curadoria da CPDC está hoje dividida entre J.H.C. Delabie (Centro de Pesquisas do Cacau/Comissão Executiva de Plano da Lavoura Cacaueira – CEPEC/CEPLAC e Universidade Estadual Santa Cruz - UESC) e A. Arnhold (Universidade Federal do Sul da Bahia - UFSB). O bioma Mata Atlântica, sobretudo da Bahia e do Espírito Santo, está particularmente bem representado, com séries de amostras provenientes de florestas, manguezais, cacauais, sistemas agroflorestais, pastagens e outros cultivos regionais. A coleção contribui também na conservação de muito material biológico brasileiro da região amazônica, do Cerrado, da Caatinga e de outros países da região neotropical, assim como de outras regiões biogeográficas. A dinâmica de incorporação do material biológico na coleção é detalhada ao longo do texto, assim como as perspectivas de desenvolvimento das futuras ações previstas em torno da Coleção CPDC, em parcerias com a UESC e a UFSB.

**Palavras-chave:** Taxonomia. Biodiversidade. Biomas. Regiões biogeográficas. Mata Atlântica.

**Abstract:** Instituted in 1990, the Formicidae Collection of the Cocoa Research Center (CPDC) has currently about 500,000 specimens, usually dry mounted, corresponding to about 4,000 nominal species and morphospecies. In addition to the general collection, there is a small collection of types and a research library within the scope of the Laboratory of Myrmecology. This laboratory being multi-institutional, the curatorship of the CPDC is currently divided between J.H.C. Delabie (CEPEC-CEPLAC and UESC) and A. Arnhold (UFSB). The Atlantic Forest biome, especially from Bahia and Espírito Santo, is particularly well represented, with series of samples from forests, mangroves, cacao, agroforestry systems, pastures and other regional crops. The collection also conserves a lot of Brazilian biological material from Amazon, Cerrado, Caatinga, and from other countries in the Neotropical Region, as well as from other Biogeographic Regions. The dynamics of incorporating biological material into the collection is detailed in the text, as well as the prospects for the development of further actions planned around the CPDC Collection, in partnership with the State University Santa Cruz (UESC) and the Federal University of the South of Bahia (UFSB).

**Keywords:** Taxonomy. Biodiversity. Biomes. Biogeographic regions. Atlantic Forest.

---

DELABIE, J. H. C., E. A. SANTOS-NETO, M. L. OLIVEIRA, P. S. SILVA, R. J. SANTOS, B. CAITANO, C. S. F. MARIANO, A. ARNHOLD & E. B. A. KOCH, 2020. A Coleção de Formicidae do Centro de Pesquisas do Cacau (CPDC), Ilhéus, Bahia, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(1): 289-305. DOI: <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.293>.

Autor para correspondência: Elmo B. A. Koch. Centro de Pesquisas do Cacau. Convênio UESC/CEPLAC. Laboratório de Mirmecologia. Ilhéus, BA, Brasil. CEP 45600-000 ([elmoborges@gmail.com](mailto:elmoborges@gmail.com)).

Recebido em 16/03/2020

Aprovado em 05/04/2020

Responsabilidade editorial: Lívia Pires do Prado



## INTRODUÇÃO

Atualmente, são conhecidas cerca de 14.000 espécies válidas de formigas, distribuídas em 17 subfamílias, 39 tribos e 337 gêneros (Bolton, 2020). Esta estimativa de diversidade de formigas, assim como acontece com outros organismos, é possível devido ao depósito de material biológico em coleções museológicas, construídas principalmente a partir das colaborações entre instituições e pesquisadores. Os acervos das coleções contribuem com a preservação das informações básicas pelas quais a biodiversidade é reconhecida e localizada, reunindo espécimes que darão suporte a diversos estudos ao longo do tempo, desde que sejam previstas e organizadas as condições de sua conservação (Shaffer *et al.*, 1998; Taddei *et al.*, 1999). Entre os diversos tipos possíveis de coleções (detalhes em de Vivo *et al.*, 2014), as coleções de referência são aquelas que contêm amostras representativas dos organismos que ocorrem (ou já ocorreram) em determinada unidade geográfica, permitindo, assim, a identificação correta dessa biota. Estas coleções não possuem material-tipo, nem séries extensas de uma mesma espécie. Já as coleções sistemáticas são aquelas que podem apresentar espécimes únicos, colônias, lotes, peças anatômicas, ninhos, tocas, fragmentos de tecidos, moldes de espécimes ou de partes anatômicas etc., e frequentemente abrigam também material-tipo sobre o qual está baseada a descrição das espécies. Esse tipo de coleção geralmente é encontrado em museus.

Os diferentes tipos de coleções existentes são utilizados pelos pesquisadores interessados em estudar anatomia ou morfologia, taxonomia, evolução orgânica e relações filogenéticas, biogeografia, macroecologia, bem como quaisquer outros estudos que envolvam os diferentes representantes da biota estudada (de Vivo *et al.*, 2014). Valorizar os museus e as coleções existentes no Brasil é fundamental para o entendimento, a conservação e o futuro das pesquisas sobre biodiversidade.

## A COLEÇÃO DE FORMICIDAE DO CPDC

A Coleção de Formicidae do Centro de Pesquisas do Cacau (acrônimo CPDC, segundo Brandão, 2000) é uma das mais importantes coleções de formigas da região neotropical e está abrigada no Laboratório de Mirmecologia deste centro de pesquisa. Esse laboratório é multi-institucional, e sua curadoria está dividida entre J. H. C. Delabie (CEPEC-CEPLAC e UESC) e A. Arnhold (UFSB). Um histórico detalhado da criação e do desenvolvimento da Coleção CPDC já foi publicado alguns anos atrás (Delabie *et al.*, 2007). A seguir, são detalhadas informações gerais atuais a respeito dessa coleção, com o objetivo de apresentar ao público o cenário atual e as perspectivas da CPDC.

Criada em 1990, a Coleção CPDC conta atualmente com cerca de 500.000 espécimes, em geral montados a seco e conservados em gavetas, em armários entomológicos, atribuídos a 16 subfamílias, 220 gêneros (Apêndice) e a uma estimativa de 4.000 táxons (espécies nominais e morfoespécies), identificados sempre que possível em nível de espécie. As subfamílias com maior representatividade em número de gêneros são, respectivamente, Myrmicinae, Formicinae e Ponerinae (Figura 1). Atualmente, na Coleção CPDC, o acervo de espécies está irregularmente organizado, a depender dos grupos biológicos. Por exemplo, o material entomológico que corresponde a alguns gêneros hiperdiversos (como *Pheidole* Westwood, 1839 e *Camponotus* Mayr, 1861) encontra-se parcialmente organizado, com a maioria de espécies morfotipadas e/ou identificadas. No entanto, diversos outros gêneros, como *Solenopsis* Westwood, 1840 ou *Hypoponera* Santschi, 1938, que possuem um abundante material depositado, geralmente apresentam as espécies morfotipadas em cada série, mas sem nenhuma ordenação ou organização das mesmas, necessitando ainda de atenção particular.

A Coleção CPDC conta com uma pequena série de tipos conservados em gavetas separadas: 63 táxons, sendo 12 holótipos (Tabela 1). Estes são representantes das subfamílias Agroecomyrmicinae, Dolichoderinae, Dorylinae, Ectatomminae, Myrmicinae, Ponerinae e

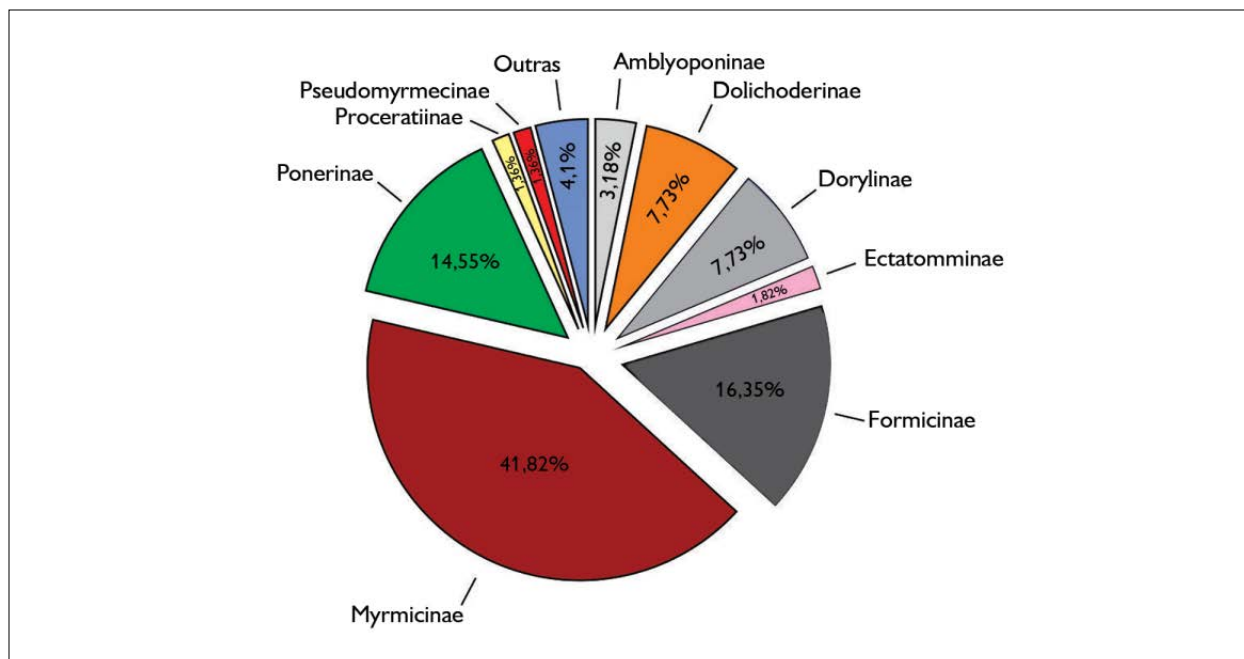


Figura 1. Representatividade dos gêneros encontrados por subfamília de Formicidae na coleção do Laboratório de Mirmecologia do CEPEC/CEPLAC – CPDC. Outras = agrupamento que inclui as subfamílias que apresentam <1% de representatividade cada (Heteroponerinae; Myrmeciinae; Agroecomyrmecinae; Aneuretinae; Apomyrminae; Leptanillinae e Paraponerinae).

Pseudomyrmecinae, e compreendem 37 gêneros. Os gêneros com maior representatividade de tipos na CPDC são, respectivamente, *Azteca* Forel, 1878, *Adelomyrmex* Emery, 1897, *Carebara* Westwood, 1840, *Leptanilloides* Mann, 1923 e *Oxyepoecus* Santschi, 1926 (Tabela 1).

Como já abordado em trabalho anterior (Delabie *et al.*, 2007), de forma a amparar os estudos ligados à Coleção CPDC, o Laboratório de Mirmecologia conta com uma biblioteca de pesquisa, com muitas obras versadas no estudo taxonômico, ecológico ou comportamental das formigas em geral. Atualmente, devido às facilidades oferecidas pela internet (AntBase, AntCat, AntWiki, portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, entre outras), que têm contribuído para uma maior agilidade na busca e obtenção de informações e ferramentas necessárias ao trabalho taxonômico, a biblioteca é relativamente pouco visitada. No entanto, ela conta com coleções de grande interesse em mirmecologia, tais como primeiros números das revistas *Insectes Sociaux*

(1958-1985), *Revista de Entomologia e Studia Entomologica*, além de numerosas obras clássicas ou importantes ligadas à mirmecologia (como muitas publicações originais de B. Bolton, T. Borgmeier, W. L. Brown Jr., W. W. Kempf, W. M. Wheeler, E. O. Wilson e numerosas outras).

A maioria das formigas registradas na coleção vem de expedições e séries de amostragens realizadas no âmbito do laboratório (projetos de alunos de graduação, pós-graduação e dos pesquisadores associados ao laboratório, doações ou parcerias com pesquisadores e instituições de pesquisa). Ao combinar o estudo taxonômico de material biológico amostrado por um pesquisador de outra instituição, se estabelece uma forma de parceria entre um membro da equipe do Laboratório de Mirmecologia, que se torna, em geral, responsável pela montagem e, sobretudo, pela identificação do mesmo. Este trabalho requer tempo, mão de obra e gastos com materiais, e sua organização poderá ser alcançada somente com um longo trabalho de equipe, literalmente um “trabalho de formigas”.

Tabela 1. Material-tipo conservado na Coleção CPDC. Legendas: H = holótipo; P = parátipo; T = topótipo (número de exemplares); nome válido [ = nome sob o qual a espécie foi descrita]. (Continua)

Taxa	Número de exemplares
<i>Acanthostichus bentoni</i> MacKay, 1996	P (1)
<i>Acromyrmex fowleri</i> Rabeling, Messer, Lacau & Delabie, 2019	H + P (100)
<i>Adelomyrmex brevispinosus</i> Fernández, 2003 = sinônimo júnior de <i>Adelomyrmex tristani</i> (Menozzi, 1931)	P (1)
<i>Adelomyrmex micans</i> Fernández, 2003	P (1)
<i>Adelomyrmex robustus</i> Fernández, 2003	P (1)
<i>Anochetus hohenbergiae</i> Feitosa & Delabie, 2012	H + P (8)
<i>Apterostigma megacephala</i> Latke, 1999	P (1)
<i>Azteca andreae</i> Guerrero, Delabie & Dejean, 2010	H + P (31)
<i>Azteca diabolica</i> Guerrero, Delabie & Dejean, 2010	H + P (3)
<i>Azteca laurae</i> Guerrero, Delabie & Dejean, 2010	H
<i>Azteca linamariae</i> Guerrero, Delabie & Dejean, 2010	P (1)
<i>Azteca snellingi</i> Guerrero, Delabie & Dejean, 2010	P (6)
<i>Blepharidatta delabiei</i> Brandão, Feitosa & Diniz, 2015	P (1)
<i>Blepharidatta fernandezi</i> Brandão, Feitosa & Diniz, 2015	P (1)
<i>Brachymyrmex delabiei</i> Ortiz & Fernandez, 2014	P (3)
<i>Carebara brasiliiana</i> Fernández, 2004	P (1)
<i>Carebara brevipilosa</i> Fernández, 2004	P (1)
<i>Carebara coeca</i> Fernández, 2004	P (3)
<i>Carebara majeri</i> Fernández, 2004	P (1)
<i>Carebara nuda</i> Fernández, 2004	P (2)
<i>Carebara reticulate</i> Fernández, 2004	P (1)
<i>Carebara semistriata</i> Fernández, 2004 = sinônimo júnior de <i>Carebara reina</i> Fernández, 2004	P (1)
<i>Cephalotes specularis</i> Brandão, Feitosa, Powell & Del-Claro, 2014	P (6)
<i>Cryptomyrmex boltoni</i> (Fernández, 2003) [ = <i>Adelomyrmex boltoni</i> Fernández, 2003]	P (19)
<i>Cryptomyrmex longinodus</i> (Fernández & Brandão, 2003) [ = <i>Adelomyrmex longinodus</i> Fernández & Brandão, 2003]	P (1)
<i>Cryptopone pauli</i> Fernandes & Delabie, 2019	P (1)
<i>Diaphoromyrma sofiae</i> Fernández, Delabie & Nascimento, 2009	H + P (7)
<i>Dolichoderus validus</i> (Kempf, 1959) [ = <i>Monacis validus</i> Kempf, 1959]	P (1)
<i>Ectatomma parasiticum</i> Feitosa & Fresneau, 2008	P (1)
<i>Forelius bahianus</i> Cuzzo, 2000	P (4)
<i>Forelius damiani</i> Guerrero & Fernández, 2008	P (1)





Tabela 1.

(Continua)

Taxa	Número de exemplares
<i>Fulakora agostii</i> (Lacau & Delabie, 2002) [ = <i>Amblyopone agostii</i> Lacau & Delabie, 2002]	P (4)
<i>Fulakora cleae</i> (Lacau & Delabie, 2002) [ = <i>Amblyopone cleae</i> Lacau & Delabie, 2002]	P (1)
<i>Fulakora heraldoi</i> (Lacau & Delabie, 2002) [ = <i>Amblyopone heraldoi</i> Lacau & Delabie, 2002]	P (1)
<i>Kempfidris inusualis</i> (Fernández, 2007) [ = <i>Monomorium inusuale</i> Fernández, 2007]	H + P (1)
<i>Lachnomyrmex amazonicus</i> Feitosa & Brandão, 2008	P (1)
<i>Lachnomyrmex longinoi</i> Feitosa & Brandão, 2008	P (1)
<i>Lachnomyrmex nordestinus</i> Feitosa & Brandão, 2008	P (1)
<i>Lenomyrmex mandibularis</i> Fernández & Palacio, 1999	P (1)
<i>Leptanilloides amazona</i> (Brandão, Diniz, Agosti & Delabie, 1999) [ = <i>Asphinctanilloides amazona</i> Brandão, Diniz, Agosti & Delabie, 1999]	P (2)
<i>Leptanilloides anae</i> (Brandão, Diniz, Agosti & Delabie, 1999) [ = <i>Asphinctanilloides anae</i> Brandão, Diniz, Agosti & Delabie, 1999]	P (1)
<i>Leptanilloides atlantica</i> Silva, Brandão, Feitosa & Freitas, 2013	P (1)
<i>Leptanilloides manaura</i> (Brandão, Diniz, Agosti & Delabie, 1999) [ = <i>Asphinctanilloides manaura</i> Brandão, Diniz, Agosti & Delabie, 1999]	P (2)
<i>Monomorium delabiei</i> Fernández, 2007	H
<i>Mycetagroicus cerradensis</i> Brandão & Mayhé-Nunes, 2001	P (8)
<i>Myrcidris epicharis</i> Ward, 1990	P (1)
<i>Neoponera bactronica</i> (Fernandes, Oliveira & Delabie, 2014) [ = <i>Pachycondyla bactronica</i> Fernandes, Oliveira & Delabie, 2014]	P (1)
<i>Neoponera billemma</i> (Fernandes, Oliveira & Delabie, 2014) [ = <i>Pachycondyla billemma</i> Fernandes, Oliveira & Delabie, 2014]	P (1)
<i>Ochetomyrmex neopolitus</i> Fernández, 2003	P (2)
<i>Oxyepoecus browni</i> Albuquerque & Brandão, 2004	P (1)
<i>Oxyepoecus myops</i> Albuquerque & Brandão, 2009	P (1)
<i>Oxyepoecus regularis</i> Ulysséa & Brandão, 2012	P (3)
<i>Oxyepoecus rosai</i> Albuquerque & Brandão, 2009	P (1)
<i>Pheidole protaxi</i> Oliveira & Lacau, 2015	H + P (4)
<i>Pogonomyrmex inermis</i> Forel, 1914	T (3)
<i>Pogonomyrmex striatinodus</i> Fernández & Palacio, 1998	P (2)
<i>Procryptocerus kempfi</i> Longino & Snelling, 2002	P (1)
<i>Procryptocerus nalini</i> Longino & Snelling, 2002	P (1)
<i>Procryptocerus tortuguero</i> Longino & Snelling, 2002	P (2)



Tabela 1.

(Conclusão)

<i>Taxa</i>	Número de exemplares
<i>Simopelta minima</i> (Brandão, 1989) [ = <i>Belonopelta minima</i> Brandão, 1989]	P (1)
<i>Sphinctomyrmex marcoyi</i> Feitosa, Brandão, Fernandez & Delabie, 2011	H
<i>Stegomyrmex olindae</i> Feitosa, Brandão & Diniz, 2008	P (1)
<i>Tatuidris kipasi</i> Lacau & Groc, 2012 = sinônimo júnior de <i>Tatuidris tatusia</i> Brown & Kempf, 1968	H
<i>Tetramorium azcatlontlium</i> Marques, Vásquez-Bolaños & Quesada, 2011	P (1)
<i>Thaumatomyrmex fraxini</i> D'Esquivel & Jahyny, 2017	H + P (24)
<i>Tropidomyrmex elianae</i> Silva, Feitosa, Brandão & Diniz, 2009	P (1)

Em contrapartida ao estudo taxonômico de seu material biológico, espera-se que o solicitante ceda esse material, ou parte relevante do mesmo, para que seja incorporado à coleção. Além disso, uma vez que determinados trabalhos desse tipo, a depender do volume do estudo, se caracterizam como colaborações científicas, espera-se que os eventuais produtos finais (principalmente publicações) traduzam a colaboração estabelecida, e não que essa seja considerada uma mera prestação de serviço.

De maneira geral, formigas dos diversos ecossistemas brasileiros estão conservadas na Coleção CPDC, mas com diferentes graus de representatividade (Tabela 2). Em função da própria localização do Laboratório de Mirmecologia, a representatividade do bioma Mata Atlântica é considerada excelente, sobretudo no que corresponde aos estados da Bahia (com diversidade de material biológico coletado superior a 600 espécies e estima-se maior do que 1.000 espécies) e Espírito Santo (pelo menos a metade norte do estado, em função da distribuição do cultivo do cacauzeiro, principal foco de atenção do Laboratório de Mirmecologia). Nessa mesma região, há amplas séries de amostras provenientes de florestas, manguezais, cacauais, sistemas agrofloretais, pastagens e diferentes cultivos regionais. A coleção conta também com boa representatividade de formigas oriundas de algumas localidades da região amazônica, do Cerrado

e da Caatinga, coletadas principalmente por meio de parcerias estabelecidas.

A quantidade de material biológico de cada estado do Brasil depositado na Coleção CPDC está relacionada com a proximidade geográfica com o Laboratório de Mirmecologia (Tabela 3). Isso é esperado, uma vez que oportunidades de coletas ou de estudos colaborativos entre instituições têm probabilidades maiores de acontecer quando essas são fisicamente próximas. Apesar de o estado da Bahia ser classificado com altíssima representatividade, a região oeste dele, que compreende a região do bioma Cerrado no estado, ainda está representada por baixíssima quantidade de material entomológico. Alguns esforços estão sendo feitos para diminuir essa lacuna, tal como a realização de coletas específicas, previstas em projetos com foco nessa região. Além disso, contamos com parcerias de profissionais distribuídos em todas as regiões do estado e que já foram historicamente vinculados ao Laboratório de Mirmecologia. Hoje, estes profissionais compõem laboratórios em diferentes instituições na Bahia, sendo elas: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IF Baiano), Universidade Católica de Salvador (UCSal), Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Universidade do Estado da Bahia (UNEB) e Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB).

Tabela 2. Representatividade da Coleção CPDC em relação às principais formações vegetais do Brasil (estimativas não baseadas em contabilização de espécimes). Legendas: () = nenhum material; \* = amostras casuais, muito pouco material; \*\* = amostras esporádicas com algum material; \*\*\* = uma ou mais séries amostrais razoáveis, porém não representativa(s) da formação; \*\*\*\* = boas séries amostrais representativas da formação; \*\*\*\*\* = grandes séries amostrais, formação extremamente bem representada.

Formação vegetal	Representatividade
Caatinga	**
Campos Rupestres	*
Campos Sulinos	*
Cerrado	**
Manguezal (Bahia exclusivamente)	****
Floresta Amazônica (Centro)	***
Floresta Amazônica (Norte)	***
Floresta Amazônica (Oeste)	***
Mata Atlântica (floresta ombrófila, metade Norte)	*****
Mata Atlântica (floresta ombrófila, metade Sul)	**
Mata Atlântica (mata de araucárias)	()
Mata Atlântica (mata de cipó)	**
Mata de Cocais	*
Pantanal	**
Restinga (Bahia, Sergipe, Rio Grande do Norte)	***

Tabela 3. Representatividade da Coleção CPDC em relação aos estados da federação do Brasil (estimativas não baseadas em contabilização de espécimes). Legendas: () = nenhum material; \* = amostras casuais, muito pouco material; \*\* = amostras esporádicas com algum material; \*\*\* = uma ou mais séries amostrais razoáveis, porém não representativa(s) do estado; \*\*\*\* = boas séries amostrais representativas da diversidade que ocorre no estado; \*\*\*\*\* = grandes séries amostrais, estado extremamente bem representado.

Acre	**	Maranhão	**	Rio de Janeiro	**
Alagoas	*	Mato Grosso	*	Rio Grande do Norte	**
Amapá	*	Mato Grosso do Sul	**	Rio Grande do Sul	**
Amazonas	***	Minas Gerais	***	Rondônia	***
Bahia	*****	Pará	***	Roraima	()
Ceará	*	Paraíba	*	Santa Catarina	*
Distrito Federal	**	Paraná	**	São Paulo	***
Espírito Santo	***	Pernambuco	*	Sergipe	***
Goias	*	Piauí	*	Tocantins	*

Por ser uma coleção relativamente recente e de interesse e alcance principalmente regional, a representatividade das regiões biogeográficas do planeta é irregular (Tabela 4), sendo obviamente a região neotropical aquela melhor representada. No entanto, coletas no exterior e doações de material biológico

contribuíram substancialmente com o enriquecimento do acervo da Coleção CPDC. Esse fato abre interessantes perspectivas para estudos comparativos, tanto morfológicos como faunísticos. Uma parte dos espécimes deste acervo foi, inclusive, coletada em regiões desde então modificadas por ações antrópicas. O histórico das

contribuições mais antigas já foi abordado anteriormente (Delabie *et al.*, 2007). Contribuições recentes que foram essenciais para aumentar o número de exemplares e espécies na Coleção CPDC merecem destaque: uma parte substancial do material coletado em ambientes associados à Mata Atlântica da Bahia (Santos *et al.*, 2017; Koch *et al.*, 2019), diferentes estudos das formigas associadas ao cultivo do cacauzeiro (Bahia, Espírito Santo, Pará), diversos estudos sobre a diversidade de Formicidae

em localidades da Amazônia brasileira (Amazonas, Pará, Rondônia), assim como o projeto *Investigating the Biodiversity of Soil and Canopy Arthropods* (IBISCA), no Panamá (Basset *et al.*, 2012) ou na Guiana Francesa pela equipe de Alain Dejean e colaboradores (Franco *et al.*, 2019). Podemos estimar que esses projetos, juntos, contribuíram com mais de 1.200 espécies ou morfoespécies de Formicidae depositadas atualmente no acervo da coleção.

Tabela 4. Representatividade da Coleção CPDC em relação às regiões zoogeográficas mundiais (estimativas não baseadas em contabilização de espécimes). Representatividade: \* = pequena série amostral; \*\* = boa série amostral, porém de uma única localidade ou um único tipo de coleta; \*\*\* = boas séries amostrais, em geral de poucas localidades; \*\*\*\* = diversas séries amostrais de qualidade; \*\*\*\*\* = numerosas séries amostrais bem distribuídas. A classificação das regiões zoogeográficas foi adaptada de acordo com Wallace (1876) e Holt *et al.* (2012). (Continua)

Região biogeográfica	Países	Representatividade na Coleção CPDC
Australiana		
	Austrália	***
	Papua-Nova Guiné	*
Etiópica		
	África do Sul	*
	Burkina Faso	*
	Costa do Marfim	****
	Ilha da Reunião	***
	Madagascar	*
	Quênia	*
	República de Camarões	**
	República do Congo	*
Neártica		
	Canadá	*
	Estados Unidos	****
Neotropical		
	Argentina	*
	Bolívia	*
	Brasil	*****
	Chile	*
	Colômbia	**
	Costa Rica	**
	Equador	*
	Guiana Francesa	*****
	México	**
	Panamá	****



Tabela 4.

(Conclusão)

Região biogeográfica	Países	Representatividade na Coleção CPDC
	Peru	*
	Uruguai	*
Oriental		
	Bangladesh	*
	Brunei	*
	Camboja	*
	Filipinas	*
	Índia	*
	Indonésia	*
	Malásia	*
	Myanmar	*
	Singapura	*
	Sri Lanka	*
	Tailândia	*
	Taiwan	**
	Vietnã	*
Paleártica		
	Alemanha	*
	Andorra	*
	Croácia	*
	Espanha	*
	França	****
	Grécia	*
	Itália	**
	Jordânia	*
	Montenegro	*
	Portugal	*
Saara-Arábica		
	Iêmen	*
	Ilhas Canárias	*
	Irã	*
	Iraque	*
	Israel	**
	Líbia	*
	Marrocos	*
	Síria	*
Sino-Japonesa		
	China	*
	Japão	**



As principais linhas de pesquisa desenvolvidas no laboratório por seus membros (alunos de graduação, pós-graduação, pesquisadores e colaboradores), ou por meio de parcerias que contribuem com o enriquecimento do acervo mirmecológico da CPDC, são: estrutura das comunidades de formigas arborícolas ou da serapilheira, desenvolvimento de técnicas de amostragem adaptadas ao estudo das comunidades de formigas, estratificação das assembleias de formigas, controle biológico usando formigas, faunística dos eco- e agrossistemas brasileiros (manguezais, restingas, meio urbano, floresta, cacauais), biogeografia, modelagem preditiva com base no nicho ecológico, amostragem regional sistemática da fauna da serapilheira da Mata Atlântica e dos cacauais da Bahia, fenologia reprodutiva, citogenética de formigas (com ênfase em Ponerinae), diversidade funcional, estudos morfométricos comparativos, investigação sobre táxons crípticos; estratégias de nidificação; bioindicação e sistemática, incluindo a descrição taxonômica de novas espécies cujo material inédito encontra-se na coleção. A adição de novos materiais à coleção está condicionada à prestação de uma série de informações sobre as condições de coleta da espécie (localidade, data, tipo de ambiente, tipo de armadilha etc.), sendo que cada série depositada recebe um número de tombo. Dessa maneira, esse material tem permitido o desenvolvimento de uma gama de produtos derivados, tais como a sugestão de possíveis locais de coleta, bem como a identificação de áreas prioritárias à conservação das espécies.

A Coleção CPDC é sustentada pela colaboração entre pesquisadores e estudantes que desenvolvem seus trabalhos científicos ou acadêmicos. Nesse sentido, a CPDC tem contribuído com o avanço das pesquisas e com o conhecimento sobre a biodiversidade, além de integrar informações fundamentais para a percepção da evolução dos estudos sobre a mirmecofauna no Brasil. Por não se constituir exatamente de coleção museológica, mas como uma ferramenta de trabalho disponível aos usuários do Laboratório de Mirmecologia, o empréstimo externo de

material biológico está limitado. No entanto, o estudo do material biológico conservado na Coleção CPDC faz-se livremente no próprio local e qualquer pesquisador ou estudante que tenha feito o pedido será acolhido, inclusive com a disponibilidade dos equipamentos necessários à pesquisa (como um microscópio binocular Leica M165C®, equipado com o *software* Automontage®, uma vez que a pessoa seja capacitada a usá-lo).

O Laboratório de Mirmecologia do Centro de Pesquisas do Cacau da CEPLAC mantém parcerias essenciais com instituições de ensino superior, tais como a UESC. Essa parceria antiga é explorada por professores e estudantes de graduação e pós-graduação desta universidade e pode ser comprovada pelos produtos (trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses, artigos científicos e demais produtos/produções) dos cursos de Biologia e Geografia, assim como dos programas de pós-graduação em Ecologia, Genética e Biologia Molecular e Zoologia. Em 2018, houve início de estreita colaboração com a UFSB, oficializada através de um acordo de cooperação técnica entre esta universidade e a CEPLAC. Esse acordo tem o objetivo de viabilizar o desenvolvimento de pesquisas e outras atividades no laboratório, readequar a sala da coleção e auxiliar na atualização, informatização e manutenção do banco de dados da Coleção CPDC.

Nesse momento, apoiado nessas parcerias, o laboratório tem concentrado esforços para a criação de um banco de dados informatizado sobre o acervo da Coleção CPDC, focalizando as informações disponíveis (identificação, rótulos, bibliografia) sobre: i) tipos conservados na coleção; ii) Dolichoderinae e Ponerinae, uma vez que são as duas subfamílias cujo material conservado na coleção está no momento melhor organizado; iii) Mata Atlântica da Bahia. Nossa pretensão é disponibilizar, em um *website*, a maior quantidade possível dessas e, progressivamente, de outras informações (listas de espécies, distribuição geográfica de espécies, localidades de coletas, séries históricas, imagens de alta



resolução de espécimes identificados, por exemplo). Porém, considerando a quantidade de espécimes disponíveis e de informações a serem compiladas em um grande banco de dados, além das dificuldades financeiras atualmente enfrentadas pelas instituições de ensino e pesquisa no Brasil, estima-se que tudo isso levará algo em torno de cinco anos para ser concluído.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos imensamente às seguintes instituições e órgãos de fomento: CEPLAC, UESC, UFSB, CAPES, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia - FAPESB. Agradecemos particularmente a José R. M. dos Santos e José C. S. do Carmo, da CEPLAC, que foram responsáveis por coletar grande parte do material regional hoje depositado na coleção. Finalmente, nosso “muito obrigado” aos numerosos colaboradores, estudantes de graduação ou pós-graduação e profissionais de instituições de pesquisa ou ensino superior, que foram essenciais para a construção do atual acervo da coleção. Como a lista dos mesmos é longa, e que, obrigatoriamente, seria inevitável o esquecimento de diversos nomes, escolhemos por agradecer a todos coletivamente.

## REFERÊNCIAS

BASSET, Y., L. CIZEK, P. CUENOUD, R. K. DIDHAM, F. GUILHAUMON, O. MISSA, V. NOVOTNY, F. ØDEGAARD, T. ROSLIN, J. SCHMIDL, A. K. TISHECHKIN, N. N. WINCHESTER, D. W. ROUBIK, H.-P. ABERLENC, J. BAIL, H. BARRIOS, J. R. BRIDLE, G. CASTAÑO-MENESES, B. CORBARA, G. CURLETTI, W. D. DA ROCHA, D. DE BAKKER, J. H. C. DELABIE, A. DEJEAN, L. L. FAGAN, A. FLOREN, R. L. KITCHING, E. MEDIANERO, S. E. MILLER, E. G. DE OLIVEIRA, O. ORIVEL, M. POLLET, M. RAPP, S. P. RIBEIRO, Y. ROISIN, J. B. SCHMIDT, L. SØRENSEN & M. LEPONCE, 2012. Arthropod diversity in a tropical forest. **Science** 338(1481): 1481-1484. DOI: <http://doi.org/10.1126/science.1226727>.

BOLTON, B., 2020. **AntCat**: an online catalog of the ants of the world. Disponível em: [http://antcat.org/catalog/429011?include\\_full\\_statistics=true](http://antcat.org/catalog/429011?include_full_statistics=true). Acesso em: 5 março 2020.

BRANDÃO, C. R. F., 2000. Major regional and type collections of ants (Formicidae) of the World and sources for the identification of ant species. In: D. AGOSTI, J. MAJER, L. E. ALONSO & T. SCHULTZ (Ed.). **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**: 172-185. Smithsonian Institution Press (Biological Diversity Handbook Series), Washington.

DE VIVO, M., L. F. SILVEIRA & F. NASCIMENTO, 2014. Reflexões sobre coleções zoológicas, sua curadoria e a inserção dos Museus na estrutura universitária brasileira. **Arquivos de Zoologia** 45(esp): 105-113. DOI: <http://doi.org/10.11606/issn.2176-7793.v45iespp105-113>.

DELABIE, J. H. C., I. C. NASCIMENTO & S. LACAU, 2007. A coleção de formigas do Centro de Pesquisas do Cacau, CEPEC/CEPLAC, Ilhéus, Bahia, Brasil. **O Biológico, São Paulo** 69(supl. 2): 93-96.

FRANCO, F., N. LADINO, J. H. C. DELABIE, A. DEJEAN, J. ORIVEL, M. FICHAUX, S. GROG, M. LEPONCE & R. M. FEITOSA, 2019. First checklist of the ants (Hymenoptera: Formicidae) of French Guiana. **Zootaxa** 4674(5): 509-543. DOI: <http://doi.org/10.11646/zootaxa.4674.5.2>.

HOLT, B. G., J.-P. LESSARD, M. K. BORREGAARD, S. A. FRITZ, M. B. ARAUJO, D. DIMITROV, P.-H. FABRE, C. H. GRAHAM, G. R. GRAVES, K. A. JONSSON, D. NOGUÉS-BRAVO, Z. WANG, R. J. WHITTAKER, J. FJELDSÁ & C. RAHBEK, 2012. An update of Wallace's zoogeographic regions of the world. **Science** 339(6115): 74-78. DOI: <http://doi.org/10.1126/science.1228282>.

KOCH, E. B. A., J. R. M. SANTOS, I. C. NASCIMENTO & J. H. C. DELABIE, 2019. Comparative evaluation of taxonomic and functional diversities of leaf-litter ants of the Brazilian Atlantic Forest. **Turkish Journal of Zoology** 43: 437-456. DOI: <http://doi.org/10.3906/zoo-1811-7>.

SANTOS, R. J., E. B. A. KOCH, C. M. P. LEITE, T. J. PORTO & J. H. C. DELABIE, 2017. An assessment of leaf-litter and epigaeic ants (Hymenoptera: Formicidae) living in different landscapes of the Atlantic Forest Biome in the State of Bahia, Brazil. **Journal of Insect Biodiversity** 5(19): 1-19. DOI: <http://doi.org/10.12976/jib/2017.5.19>.

SHAFFER, H. B., R. N. FISCHER & C. DAVIDSON, 1998. The role of natural history collections in documenting species declines. **Trends in Ecology & Evolution** 13(1): 27-30. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0169-5347\(97\)01177-4](http://doi.org/10.1016/S0169-5347(97)01177-4).

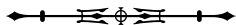
TADDEI, V. A., U. R. MARTINS, M. VIVO & A. R. PERCEQUILLO, 1999. O acervo das coleções zoológicas do Estado de São Paulo. In: M. C. WEY DE BRITO & E. C. A. JOLY (Ed.): **Biodiversidade do estado de São Paulo, Brasil**: 53-67. FAPESP, São Paulo.

WALLACE, A. R., 1876. **The geographical distribution of animals**. Cambridge University Press, Cambridge.



Apêndice. Representatividade dos gêneros encontrados por subfamília de Formicidae na coleção do Laboratório de Mirmecologia do CEPEC/CEPLAC – CPDC. Outras = agrupamento que inclui as subfamílias que apresentam < 1% de representatividade cada (Heteroponerinae; Myrmeciinae; Agroecomyrmecinae; Aneuretinae; Apomyrminae; Leptanilloinae e Paraponerinae). (Continua)

Subfamília	Gênero
Agroecomyrmecinae Carpenter, 1930	<i>Tatuidris</i> Brown & Kempf, 1968
Amblyoponinae Forel, 1893	<i>Adetomyrma</i> Ward, 1994
	<i>Amblyopone</i> Erichson, 1842
	<i>Fulakora</i> Mann, 1919
	<i>Mystrium</i> Roger, 1862
	<i>Onychomyrmex</i> Emery, 1895
	<i>Prionopelta</i> Mayr, 1866
	<i>Stigmatomma</i> Roger, 1859
Aneuretinae Emery, 1913	<i>Aneuretus</i> Emery, 1893
Apomyrminae Dlussky & Fedoseeva, 1988	<i>Apomyrma</i> Brown, Gotwald & Léviex, 1971
Dolichoderinae Forel, 1878	<i>Anonychomyrma</i> Donisthorpe, 1947
	<i>Axinidris</i> Weber, 1941
	<i>Azteca</i> Forel, 1878
	<i>Bothriomyrmex</i> Emery, 1869
	<i>Doleromyrma</i> Forel, 1907
	<i>Dolichoderus</i> Lund, 1831
	<i>Dorymyrmex</i> Mayr, 1866
	<i>Forelius</i> Emery, 1888
	<i>Froggattella</i> Forel, 1902
	<i>Gracilidris</i> Wild & Cuzzo, 2006
	<i>Iridomyrmex</i> Mayr, 1862
	<i>Leptomymex</i> Mayr, 1862
	<i>Linepithema</i> Mayr, 1866
	<i>Liometopum</i> Mayr, 1861
	<i>Ochetellus</i> Shattuck, 1992
	<i>Tapinoma</i> Foerster, 1850
	<i>Technomyrmex</i> Mayr, 1872
	Dorylinae Leach, 1815
<i>Aenictus</i> Shuckard, 1840	
<i>Cheliomyrmex</i> Mayr, 1870	
<i>Cylindromymex</i> Mayr, 1870	
<i>Dorylus</i> Fabricius, 1793	
<i>Eciton</i> Latreille, 1804	
<i>Labidus</i> Jurine, 1807	
<i>Leptanilloides</i> Mann, 1923	
<i>Lioponera</i> Mayr, 1879	



Apêndice.

(Continua)

Subfamília	Gênero
Dorylinae Leach, 1815	<i>Neivamyrmex</i> Borgmeier, 1940
	<i>Neocerapachys</i> Borowiec, 2016
	<i>Nomamyrmex</i> Borgmeier, 1936
	<i>Ooceraea</i> Roger, 1862
	<i>Parasyrcia</i> Emery, 1882
	<i>Syrcia</i> Roger, 1861
	<i>Sphinctomyrmex</i> Mayr, 1866
	<i>Zasphectus</i> W.M. Wheeler, 1918
Ectatomminae Emery, 1895	<i>Ectatomma</i> Smith, 1858
	<i>Gnamptogenys</i> Roger, 1863
	<i>Rhytidoponera</i> Mayr, 1862
	<i>Typhlomyrmex</i> Mayr, 1862
Formicinae Latreille, 1809	<i>Acanthomyops</i> Fabricius, 1804
	<i>Acropyga</i> Roger, 1862
	<i>Anoplolepis</i> Santschi, 1914
	<i>Aphomyrmex</i> Emery, 1899
	<i>Bajcaridris</i> Agosti, 1994
	<i>Brachymyrmex</i> Mayr, 1868
	<i>Calomyrmex</i> Emery, 1895
	<i>Camponotus</i> Mayr, 1861
	<i>Cataglyphis</i> Foerster, 1850
	<i>Dinomyrmex</i> Ashmead, 1905
	<i>Formica</i> Linnaeus, 1758
	<i>Gigantiops</i> Roger, 1863
	<i>Iberoformica</i> Tinaut, 1990
	<i>Lasiophanes</i> Emery, 1895
	<i>Lasius</i> Fabricius, 1804
	<i>Lepisiota</i> Santschi, 1926
	<i>Liometopum</i> Mayr, 1861
	<i>Melophorus</i> Lubbock, 1883
	<i>Myrmecocystus</i> Wesmael, 1838
	<i>Myrmecorhynchus</i> André, 1896
	<i>Myrmelachista</i> Roger, 1863
	<i>Myrmoteras</i> Forel, 1893
	<i>Notoncus</i> Emery, 1895
	<i>Nylanderia</i> Emery, 1906
	<i>Oecophylla</i> Smith, 1860
	<i>Opisthopsis</i> Dalla Torre, 1893



Apêndice.

(Continua)

Subfamília	Gênero
Formicinae Latreille, 1809	<i>Paratrechina</i> Motschoulsky, 1863
	<i>Petalomyrmex</i> Snelling, 1979
	<i>Plagiolepis</i> Mayr, 1861
	<i>Polyergus</i> Latreille, 1804
	<i>Polyrhachis</i> Smith, 1857
	<i>Prenolepis</i> Mayr, 1861
	<i>Proformica</i> Ruzsky, 1902
	<i>Rossomyrmex</i> Arnoldi, 1928
	<i>Stigmacros</i> Forel, 1905
	<i>Teratomyrmex</i> McAreavey, 1957
Heteroponerinae Bolton, 2003	<i>Acanthoponera</i> Mayr, 1862
	<i>Heteroponera</i> Mayr, 1887
Leptanillinae Emery, 1910	<i>Leptanilla</i> Emery, 1870
Myrmeciinae Emery, 1877	<i>Myrmecia</i> Fabricius, 1804
	<i>Nothomyrmecia</i> Clark, 1934
Myrmicinae Lepeletier de Saint-Fargeau, 1835	<i>Acanthognathus</i> Mayr, 1887
	<i>Acanthomyrmex</i> Emery, 1893
	<i>Acromyrmex</i> Mayr, 1865
	<i>Adelomyrmex</i> Emery, 1897
	<i>Adlerzia</i> Forel, 1902
	<i>Allomerus</i> Mayr, 1878
	<i>Aphaenogaster</i> Mayr, 1853
	<i>Apterostigma</i> Mayr, 1865
	<i>Atopomyrmex</i> André, 1889
	<i>Atta</i> Fabricius, 1804
	<i>Basiceros</i> Schulz, 1906
	<i>Blepharidatta</i> Wheeler, 1915
	<i>Cardiocondyla</i> Emery, 1869
	<i>Carebara</i> Westwood, 1840
	<i>Cataulacus</i> Smith, 1853
	<i>Cephalotes</i> Latreille, 1802
	<i>Colobostruma</i> Wheeler, 1927
	<i>Crematogaster</i> Lund, 1831
	<i>Cryptomyrmex</i> Fernández, 2004
	<i>Cyphoidris</i> Weber, 1952
	<i>Cyphomyrmex</i> Mayr, 1862
	<i>Daceton</i> Perty, 1833
	<i>Diaphoromyrma</i> Fernández, Delabie & Nascimento, 2009



Apêndice.

(Continua)

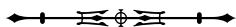
Subfamília	Gênero
Myrmicinae Lepeletier de Saint-Fargeau, 1835	<i>Epopostruma</i> Forel, 1895
	<i>Eurhopalothrix</i> Brown & Kempf, 1961
	<i>Eutetramorium</i> Emery, 1899
	<i>Formicoxenus</i> Mayr, 1855
	<i>Goniomma</i> Emery, 1895
	<i>Harpagoxenus</i> Forel, 1893
	<i>Hylomyrma</i> Forel, 1912
	<i>Kalathomyrmex</i> Klingenberg & Brandão, 2009
	<i>Kempfidris</i> Fernández, Feitosa & Lattke, 2014
	<i>Lachnomyrmex</i> Wheeler, W.M., 1910
	<i>Lenomyrmex</i> Fernández & Palacio, 1999
	<i>Leptothorax</i> Mayr, 1855
	<i>Lophomyrmex</i> Emery, 1892
	<i>Manica</i> Jurine, 1807
	<i>Mayriella</i> Forel, 1902
	<i>Megalomyrmex</i> Forel, 1885
	<i>Melissotarsus</i> Emery, 1877
	<i>Meranoplus</i> Smith, F., 1853
	<i>Messor</i> Forel, 1890
	<i>Monomorium</i> Mayr, 1855
	<i>Mycetagroicus</i> Brandão & Mayhé-Nunes, 2001
	<i>Mycetarotes</i> Emery, 1913
	<i>Mycetomoellerius</i> Solomon, Rabeling, Sosa-Calvo & Schultz, 2019
	<i>Mycetophylax</i> Emery, 1913
	<i>Mycetosoritis</i> Wheeler, W.M., 1907
	<i>Mycocepurus</i> Forel, 1893
	<i>Myrmecina</i> Curtis, 1829
	<i>Myrmica</i> Latreille, 1804
	<i>Myrmicaria</i> Saunders, 1842
	<i>Myrmicocrypta</i> Smith, 1860
	<i>Nesomyrmex</i> Wheeler, 1910
	<i>Ochetomyrmex</i> Mayr, 1878
	<i>Octostruma</i> Forel, 1912
	<i>Oxyepoecus</i> Santschi, 1926
<i>Oxyopomyrmex</i> André, 1881	
<i>Paratrachymyrmex</i> Solomon, Rabeling, Sosa-Calvo, Lopes, Rodrigues, Vasconcelos, Bacci, Mueller & Schultz, 2019	
<i>Patagonomyrmex</i> Johnson & Moreau, 2016	



Apêndice.

(Continua)

Subfamília	Gênero
Myrmicinae Lepeletier de Saint-Fargeau, 1835	<i>Perissomyrmex</i> Smith, 1947
	<i>Phalacromyrmex</i> Kempf, 1960
	<i>Pheidole</i> Westwood, 1839
	<i>Podomyrma</i> Smith, F., 1859
	<i>Pogonomyrmex</i> Mayr, 1868
	<i>Pristomyrmex</i> Mayr, 1866
	<i>Proatta</i> Forel, 1912
	<i>Procryptocerus</i> Emery, 1887
	<i>Ochetomyrmex</i> Mayr, 1878
	<i>Pseudoatta</i> Gallardo, 1916
	<i>Recurvidris</i> Bolton, 1992
	<i>Rhopalothrix</i> Mayr, 1870
	<i>Rogeria</i> Emery, 1894
	<i>Rostromyrmex</i> Rosciszewski, 1994
	<i>Sericomyrmex</i> Mayr, 1865
	<i>Solenopsis</i> Westwood, 1840
	<i>Stegomyrmex</i> Emery, 1912
	<i>Stenamamma</i> Westwood, 1839
	<i>Strongylognathus</i> Mayr, 1853
	<i>Strumigenys</i> Smith, F., 1860
	<i>Talaridris</i> Weber, 1941
	<i>Temnothorax</i> Mayr, 1861
	<i>Terataner</i> Emery, 1912
	<i>Tetramorium</i> Mayr, 1855
	<i>Ochetomyrmex</i> Mayr, 1878
	<i>Tranopelta</i> Mayr, 1866
	<i>Trichomyrmex</i> Mayr, 1865
	<i>Tropidomyrmex</i> Silva, Feitosa, Brandão & Diniz, 2009
	<i>Veromessor</i> Forel, 1917
	<i>Vollenhovia</i> Mayr, 1865
<i>Wasmannia</i> Forel, 1893	
<i>Xenomyrmex</i> Forel, 1885	
Paraponerinae Emery, 1901	<i>Paraponera</i> Smith, 1858
Ponerinae Lepeletier de Saint-Fargeau, 1835	<i>Anochetus</i> Mayr, 1861
	<i>Asphinctopone</i> Santschi, 1914
	<i>Bothroponera</i> Mayr, 1862
	<i>Brachyponera</i> Emery, 1900
	<i>Centromyrmex</i> Mayr, 1866





Apêndice.

(Conclusão)

Subfamília	Gênero
Ponerinae Lepeletier de Saint-Fargeau, 1835	<i>Cryptopone</i> Emery, 1893
	<i>Diacamma</i> Mayr, 1862
	<i>Dinoponera</i> Roger, 1861
	<i>Euponera</i> Forel, 1891
	<i>Harpegnathos</i> Jerdon, 1851
	<i>Hypoponera</i> Santschi, 1938
	<i>Leptogenys</i> Roger, 1861
	<i>Loboponera</i> Bolton & Brown, 2002
	<i>Mayaponera</i> Schmidt & Shattuck, 2014
	<i>Megaponera</i> Mayr, 1862
	<i>Mesoponera</i> Emery, 1900
	<i>Myopias</i> Roger, 1861
	<i>Neoponera</i> Emery, 1901
	<i>Odontomachus</i> Latreille, 1804
	<i>Odontoponera</i> Mayr, 1862
	<i>Pachycondyla</i> Smith, 1858
	<i>Paltothyreus</i> Mayr, 1862
	<i>Phrynoponera</i> Wheeler, 1920
	<i>Platythyrea</i> Roger, 1863
	<i>Plectroctena</i> Smith, 1858
	<i>Ponera</i> Latreille, 1804
	<i>Psalidomyrmex</i> André, 1890
	<i>Pseudoponera</i> Emery, 1900
	<i>Rasopone</i> Schmidt & Shattuck, 2014
	<i>Simopelta</i> Mann, 1922
	<i>Streblognathus</i> Mayr, 1862
	<i>Thaumatomyrmex</i> Mayr, 1887
Proceratiinae Emery, 1895	<i>Discothyrea</i> Roger, 1863
	<i>Probolomyrmex</i> Mayr, 1901
	<i>Proceratium</i> Roger, 1863
Pseudomyrmecinae Smith, 1952	<i>Myrcidris</i> Ward, 1990
	<i>Pseudomyrmex</i> Wheeler, 1920
	<i>Tetraoponera</i> Smith, 1852





**Acervo de Formicidae (Insecta, Hymenoptera) da Coleção Entomológica  
Adolph Hempel, Instituto Biológico, São Paulo**  
Collection of Formicidae (Insecta, Hymenoptera) in the Entomological Collection  
Adolph Hempel, Instituto Biológico, São Paulo

Amanda Aparecida de Oliveira<sup>I</sup>  | Kayhê Paiva Alves Cury Franco<sup>III</sup>   
Ingred Nobrega Teixeira<sup>III</sup>  | Wagner Yamakawa<sup>IV</sup>  | Sergio Ide<sup>III</sup> 

<sup>I</sup>Instituto Biológico. Laboratório de Pragas Urbanas. São Paulo, São Paulo, Brasil

<sup>II</sup>Universidade Estadual Paulista. Programa de Pós-Graduação em Biologia Celular e Molecular. Rio Claro, São Paulo, Brasil

<sup>III</sup>Instituto Biológico. Laboratório de Entomologia Geral. São Paulo, São Paulo, Brasil

<sup>IV</sup>Projeto "Águas da Mantiqueira". Santo Antônio do Pinhal, São Paulo, Brasil

**Resumo:** A preservação de informações a respeito de biodiversidade é muito importante para inúmeros campos da ciência. As coleções biológicas são responsáveis por guardar essas informações. Dentro da Mirmecologia, campo responsável pelos estudos das formigas, daremos destaque, neste texto, às informações históricas da Coleção Entomológica Adolph Hempel, Instituto Biológico de São Paulo, com especial referência ao acervo de formigas. A coleção de Formicidae contém 15.700 espécimes, identificados em 357 espécies, distribuídas entre 61 gêneros, pertencentes a dez subfamílias, com predomínio de Myrmicinae, Ponerinae, Formicinae e Dorylinae, que constituem 78% do acervo. Em relação ao material-tipo, o acervo contém 16 espécimes, distribuídos entre nove espécies.

**Palavras-chave:** Formigas. Tomás Borgmeier. Walter Kempf.

**Abstract:** Preserving information about biodiversity is crucial for many fields of science, and biological collections are responsible for keeping this information. Within myrmecology, the scientific study of ants, we highlight in this article historical information from the Entomological Collection Adolph Hempel, Instituto Biológico of Sao Paulo, with special reference to the ant collection. The Formicidae collection contains 15,700 specimens, identified in 357 species, which are distributed among 61 genera belonging to 10 subfamilies. There is a predominance of Myrmicinae, Ponerinae, Formicinae, and Dorylinae, which together constitute 78% of the collection. Type material deposited in the repository is represented by 16 specimens, distributed in nine species.

**Keywords:** Ants. Tomás Borgmeier. Walter Kempf.

---

OLIVEIRA, A. A., K. P. A. C. FRANCO, I. N. TEIXEIRA, W. YAMAKAWA & S. IDE, 2020. Acervo de Formicidae (Insecta, Hymenoptera) da Coleção Entomológica Adolph Hempel, Instituto Biológico, São Paulo. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(1): 307-316. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.259>.

Autora para correspondência: Amanda Aparecida de Oliveira. Centro de Estudos de Insetos Sociais. Avenida 24A, 1515, Bela Vista. Rio Claro, SP, Brasil. CEP 13506-900 ([oliveira.amandah@gmail.com](mailto:oliveira.amandah@gmail.com)).

Recebido em 15/01/2020

Aprovado em 10/04/2020

Responsabilidade editorial: Livia Pires do Prado



## ORIGENS DO INSTITUTO BIOLÓGICO

Em meados da década de 1920, o estado de São Paulo era considerado o maior produtor de café (*Coffea* spp.) (Rubiaceae) do país. Entretanto, nessa época, inúmeras áreas de plantio da cultura estavam arruinadas pela broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867), um besouro que ataca a coroa do grão, perfurando a semente para se alimentar. Em decorrência da infestação da broca, houve grande expansão de pesquisas para o combate de pragas agrícolas. Neste contexto, no ano de 1924, o governo do estado de São Paulo instituiu a Comissão de Estudo e Debelação da Praga Cafeeira, convidando para fazer parte de seu corpo o então diretor do Museu Nacional do Rio de Janeiro, Arthur Neiva. O objetivo era encontrar uma forma de controle para a praga que devastava a principal fonte de renda do estado paulista. Como a missão foi exitosa, uma proposta para a criação de um instituto para promoção de “pesquisas em benefício da lavoura e da pecuária” foi feita por Neiva (Kempf, 1976). Esta proposta foi o projeto inicial do Instituto Biológico (IB), fundado dia 26 de dezembro no ano de 1927 (Kempf, 1976; Rebouças, 2009; Rebouças & Batista Filho, 2017).

No final da mesma década, Adolph Hempel, então assistente-chefe da sessão de Entomologia e Parasitologia Animal do IB, foi responsável por um dos primeiros controles biológicos de pragas na agricultura do Brasil, trazendo, em 1929, a vespinha-da-uganda, *Prorops nasuta* (Waterson, 1923), para controlar a praga do café (Rebouças, 2006).

Contudo, fundou-se o Instituto Biológico e assim nasceu a coleção, que inicialmente estava destinada a abrigar o material das pesquisas relacionadas à área agrícola. As coleções biológicas são os acervos que compõem bancos de materiais (espécimes) vivos ou preservados, associados aos dados biológicos e geográficos. As informações contidas nesses acervos podem ser utilizadas como ferramentas imprescindíveis para o trabalho dos taxonomistas e como apoio indispensável para muitas outras áreas do conhecimento (Peixoto *et al.*, 2006).

As três principais coleções zoológicas brasileiras são do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZSP), o Museu Nacional do Rio de Janeiro (MNRJ) e o Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), por serem centenárias e abrigarem grande quantidade de material (De Vivo *et al.*, 2014). Entretanto, outras instituições destacaram-se para a área de entomologia, como a Universidade Federal do Paraná (UFPR) e o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

Neste artigo, tratamos da Coleção Entomológica Adolph Hempel (IBSP-IB) (Figuras 1A e 1B). A coleção foi estabelecida no final da década de 1920 por José Pinto da Fonseca (Ide *et al.*, 2005), mas somente em 31 de julho de 1994 que recebeu este nome, em homenagem ao eminente entomólogo e pesquisador do Instituto Biológico, Adolph Hempel. Alguns aspectos que tornam o acervo relevante são: (i) a quantidade de espécimes – pois é considerada a segunda maior coleção do estado de São Paulo em número de espécimes; (ii) o acervo de cochonilhas (Hemiptera, Coccoidea) mais importante do Brasil, considerado referência mundial para o estudo de Coccoidea, incluindo grande quantidade de tipos descritos por Hempel e Fonseca, entre outros pesquisadores; (iii) é repositório de diversas espécies-tipo de diferentes ordens de Insecta; e (iv) importância histórica pelos exemplares-testemunho de projetos desenvolvidos pelos pesquisadores do Instituto Biológico desde a sua fundação (Cytrynowicz *et al.*, 2013).

A coleção entomológica do IBSP-IB abriga espécies e material-tipo de diversos projetos de importância econômica que fazem parte da história do Instituto Biológico, sendo eles: biologia, comportamento, sistemática e controle de pragas agrícolas, como broca-do-café, moscas-das-frutas e formigas cortadeiras, o que torna esta coleção uma das maiores fontes de informação sobre insetos com importância econômica do Brasil (Costa *et al.*, 2000).

Sob curadoria do Dr. Sergio Ide, o acervo está abrigado em salas de 81 m<sup>2</sup> e 40 m<sup>2</sup>, no Laboratório de Entomologia Geral, no 6º andar do Edifício Central do IB. Estima-se que o total de espécimes e lotes do material



Figura 1. Coleção Entomológica Adolph Hempel (IBSP-IB): A) placa da Coleção; B) armário do acervo de Formicidae da Coleção. Fotos: I. N. Teixeira (2020).

preparado e incorporado à parte principal da coleção em via seca seja superior a 300.000 espécimes, referente a 15 ordens e a cerca de 350 famílias, sendo 250 espécimes e quatro famílias de Odonata; 250 espécimes e dez famílias de Orthoptera; 20 espécimes e uma família de Phasmatodea; 50 espécimes e quatro famílias de Blattodea; 4.000 lotes e dez famílias de Coccoidea (Hemiptera); 40.000 espécimes e 73 famílias de Heteroptera (Hemiptera); 151.000 espécimes e 60 famílias de Coleoptera; 10.000 espécimes e 20 famílias de Diptera; 15.000 espécimes e 36 famílias de Lepidoptera; 65.000 espécimes e 26 famílias de Hymenoptera; 15.000 espécimes distribuídas entre outras ordens (Ide *et al.*, 2005). Em setembro de 2015, a coleção entomológica do Instituto Agrônomo de Campinas (ex-coleção IAC), São Paulo, foi incorporada ao IBSP-IB. O acervo desta coleção inclui mais de 25.000 espécimes das principais ordens de Insecta.

#### ACERVO DE FORMICIDAE: HISTÓRICO E COMPOSIÇÃO

Um dos nomes considerados mais importantes na formação da coleção do acervo de Formicidae é o de

Tomás Borgmeier, cujo vínculo data desde antes de sua fundação. Além dos trabalhos realizados por Borgmeier, metade de seu acervo particular de formigas foi adquirido pelo IB (Horn *et al.*, 1990).

Nesta época, Tomás Borgmeier foi convidado por Artur Neiva para integrar a equipe de pesquisadores da instituição (Figura 2), que tinha como foco pesquisas com espécies de importância agrícola, especialmente saúvas (formigas-cortadeiras) (Kempf, 1976). Suas contribuições foram diversificadas e abrangeram desde observações sobre a história natural e descrição de espécies (Borgmeier, 1939) até discussões taxonômicas acaloradas sobre a validade de espécies descritas (Borgmeier, 1931, 1932; Costa Lima, 1931). Desde o início dos trabalhos no IB, Borgmeier contou com laboratórios para desenvolver sua pesquisa, com auxiliares e equipamentos para elaborar os estudos que resultaram em diversos artigos publicados em revistas da instituição; foi também mentor dos entomólogos John Lane e Mário Autuori, este último autor de diversos estudos principalmente sobre biologia e controle de formigas-cortadeiras (Rebouças & Batista Filho, 2017).

Borgmeier era citado como um “homem de produção, de trabalho insano e persistente” (Kempf, 1976). Toda a sua dedicação foi primordial para geração e ampliação do conhecimento sobre Formicidae que se tinha à época, contribuindo de forma decisiva para o incremento e a consolidação do acervo (Kempf, 1976). Dessa maneira, é impossível dissociar seu nome da história da coleção de formigas do IB.

O núcleo inicial do acervo de Formicidae do IBSP-IB foi composto por parte da coleção particular de Borgmeier. Como ele necessitava de fundos para a criação da Revista de Entomologia, a transferência foi efetuada através da compra de metade da coleção pelo IB. A outra metade da coleção foi incorporada à coleção de Walter Kempf, a qual, posteriormente, foi transferida para o Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (Horn *et al.*, 1990).

Atualmente, o acervo é composto por cerca de 15.700 espécimes, pertencentes a 357 espécies, 61 gêneros e dez subfamílias, com predomínio de Myrmicinae, Ponerinae, Formicidae e Dorylinae, que constituem 78% do acervo (Tabelas 1 e 2). Os exemplares estão fixados em alfinetes entomológicos, distribuídos em 52 gavetas (Figura 3A).

Tabela 1. Número de gêneros e espécies de Formicidae (Insecta, Hymenoptera) por subfamília da Coleção Entomológica Adolph Hempel, Instituto Biológico, São Paulo, e ex-coleção do Instituto Agrônomo de Campinas.

Subfamília	Número de gêneros	Número de espécies
Amblyoponinae	1	1
Dolichoderinae	6	36
Dorylinae	6	39
Ectatomminae	2	14
Formicinae	7	76
Heteroponerinae	2	3
Myrmicinae	25	139
Paraoponerinae	1	1
Ponerinae	10	36
Pseudomyrmecinae	1	12
Total	61	357



Figura 2. Frei Tomás Borgmeier trabalhando no Instituto Biológico. Fonte: Garmus (2011).

Tabela 2. Lista de gênero e número de espécies depositados na Coleção IBSP-SP. (Continua)

Subfamília	Gêneros	Número de espécies
Amblyoponinae	<i>Fulakora</i>	1
Dolichoderinae	<i>Azteca</i>	9
	<i>Dolichoderus</i>	13
	<i>Dorymyrmex</i>	4
	<i>Forelius</i>	3
	<i>Linepithema</i>	6
	<i>Tapinoma</i>	1
Dorylinae	<i>Acanthostichus</i>	4
	<i>Eciton</i>	11
	<i>Cylindromyrmex</i>	1
	<i>Labidus</i>	4
	<i>Neivamyrmex</i>	17
	<i>Nomamyrmex</i>	2
Ectatomminae	<i>Ectatomma</i>	8
	<i>Gnampotogenys</i>	6
Formicinae	<i>Acropyga</i>	1
	<i>Brachymyrmex</i>	6
	<i>Camponotus</i>	54
	<i>Gigantiops</i>	1
	<i>Myrmelachista</i>	9
	<i>Nylanderia</i>	3
	<i>Paratrechina</i>	2



Tabela 2. (Conclusão)

Subfamília	Gêneros	Número de espécies
Heteroponerinae	<i>Acanthoponera</i>	1
	<i>Heteroponera</i>	2
Myrmicinae	<i>Acromyrmex</i>	17
	<i>Adelomyrmex</i>	0
	<i>Apterostigma</i>	1
	<i>Atta</i>	7
	<i>Cephalotes</i>	12
	<i>Crematogaster</i>	18
	<i>Cyphomyrmex</i>	4
	<i>Daceton</i>	1
	<i>Leptothorax</i>	0
	<i>Megalomyrmex</i>	6
	<i>Monomorium</i>	3
	<i>Mycetarotes</i>	1
	<i>Mycocepurus</i>	1
	<i>Myrmicocrypta</i>	1
	<i>Nesomyrmex</i>	2
	<i>Ochetomyrmex</i>	0
	<i>Pheidole</i>	35
	<i>Pogonomyrmex</i>	1
	<i>Procryptocerus</i>	5
	<i>Sericomyrmex</i>	1
	<i>Solenopsis</i>	15
	<i>Strumigenys</i>	3
	<i>Tetramorium</i>	2
<i>Tranopelta</i>	1	
<i>Wasmannia</i>	2	
Paraponerinae	<i>Paraponera</i>	1
Ponerinae	<i>Anochetus</i>	2
	<i>Centromyrmex</i>	0
	<i>Dinoponera</i>	2
	<i>Hypoponera</i>	10
	<i>Leptogenys</i>	3
	<i>Mayaponera</i>	1
	<i>Neoponera</i>	9
	<i>Odontomachus</i>	4
	<i>Pachycondyla</i>	4
<i>Platythyrea</i>	1	
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex</i>	12
Total	61	357

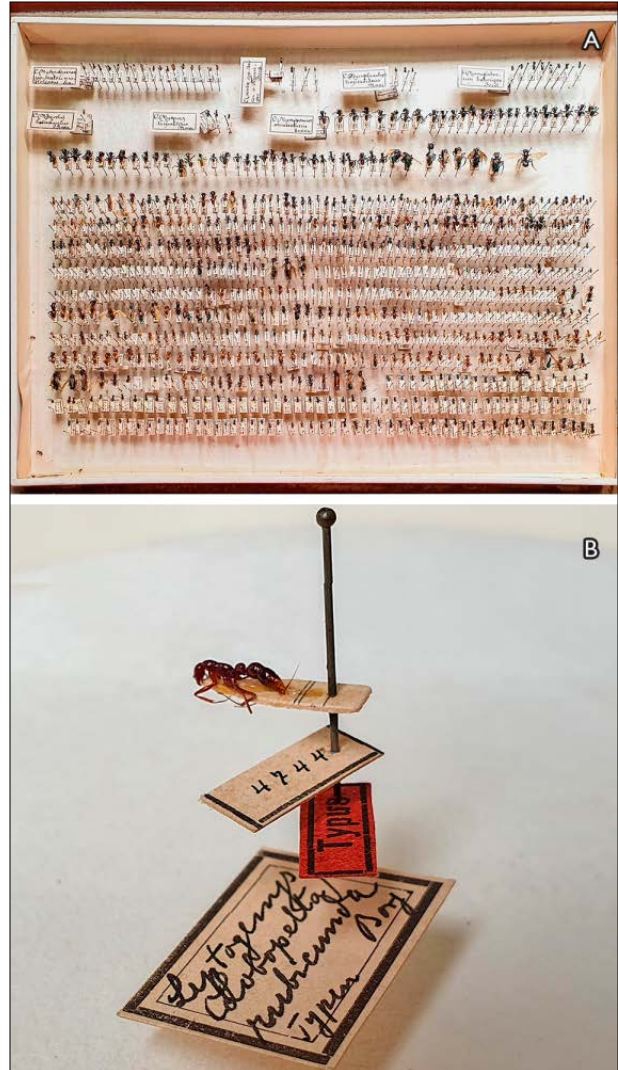


Figura 3. A) Gaveta do acervo de Formicidae da Coleção Entomológica Adolph Hempel em vista superior; B) espécime-tipo de *Leptogenys rubicunda* Borgmeier, 1930. Fotos: I. N. Teixeira (2020).

O material da ex-coleção IAC é composto de 47 espécimes, mantidos em duas gavetas entomológicas, incluindo espécimes das subfamílias Dolichoderinae, Dorylinae, Ectatomminae, Formicinae, Myrmicinae, Ponerinae e Pseudomyrmecinae. Todos os espécimes das gavetas foram contabilizados com auxílio de contador manual, e as informações quanto ao gênero e às espécies foram verificadas em AntWeb (2020).

## ESPÉCIES-TIPO

No acervo, estão depositados 16 espécimes-tipo pertencentes a nove espécies (Tabela 3, Figura 3B). O Anexo apresenta a transcrição dos rótulos dos espécimes-tipo. Foram encontrados exemplares rotulados como tipos, os quais, contudo, não foram confirmados, sendo eles: *Pheidole rufipilis* Forel, 1908; *P. claviscapa* Santschi, 1925; *P. eidmanni* Menozzi, 1926; *P. gulelmimuelleri* Forel, 1886; *Camponotus senex* r. *textor* Forel, 1899; *Megalomyrmex iheringi* Forel, 1911; e *Dolichoderus (Hypoclinea) germainigarbei* Forel, 1911. Apesar de esses exemplares estarem com rótulos de tipo, não existem informações sobre isso nos livros-tombo e nas publicações originais, necessitando de uma investigação detalhada no futuro.

## O ACERVO NOS DIAS DE HOJE

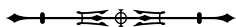
Recentemente, o acervo da IBSP-IB tem sido enriquecido por material coletado pelo projeto “Águas da Mantiqueira”, iniciado em abril de 2017 e financiado pela Fundação

Toyota do Brasil, São Paulo (Nicolau, 2019). O projeto visa conhecer e mensurar a diversidade de insetos (Arthropoda, Insecta), peixes (Osteichthyes), anfíbios (Amphibia), aves (Reptiliomorpha), mamíferos (Mammalia) (Chordata, Vertebrata) e flora da serra da Mantiqueira, com vistas à proposição de medidas de conservação e elaboração dos planos diretores dos municípios da região. As áreas de coleta foram delimitadas pelas bacias hidrográficas e, embora as coletas de insetos não sejam exclusivas para Formicidae, 92 espécimes da família, provenientes de 40 bacias hidrográficas de Santo Antônio do Pinhal, São Paulo, e Sapucaí-Mirim, Minas Gerais, já foram coletados. Este ano o projeto continuará no município de Sapucaí-Mirim, Minas Gerais, percorrendo as demais 21 bacias.

A equipe do Instituto Biológico que integra o projeto é composta por um pesquisador, um biólogo e um estagiário, que auxiliam na montagem, na identificação e no armazenamento do material coletado.

Tabela 3. Material-tipo de Formicidae (Insecta, Hymenoptera) depositado na Coleção Entomológica Adolph Hempel, Instituto Biológico, São Paulo. O *status* dos tipos foi transcrito de acordo com os dados de rótulo.

Espécie	Nome válido	Status	Número de exemplares	Referências
<i>Azteca aesopus</i> Forel, 1908	<i>A. aesopus</i> Forel, 1908	Síntipo	2	Forel (1908)
<i>Camponotus scrobifer</i> Borgmeier, 1928	<i>C. coriolanus</i> Forel, 1912	Tipo	1	Borgmeier (1928)
<i>Camponotus subtruncatus</i> Borgmeier, 1929	<i>C. subtruncatus</i> Borgmeier, 1929	Tipo	2	Borgmeier (1929)
<i>Leptogenys (Lobopelta) hanseni</i> Borgmeier, 1930	<i>L. australis</i> Emery, 1888	Síntipo	2	Borgmeier (1930)
<i>Leptogenys (Lobopelta) rubicunda</i> Borgmeier, 1930	<i>L. crudelis</i> Smith, 1858	Tipo	3	Borgmeier (1930)
<i>Megalomyrmex (Wheelerimymex) humilis</i> Borgmeier, 1930	<i>P. gertrudae</i> Forel, 1886	Holótipo	1	Borgmeier (1930)
<i>Megalomyrmex brasiliensis</i> Borgmeier, 1930	<i>M. silvestrii</i> Wheeler, 1909	Síntipo	3	Borgmeier (1930)
<i>Paracryptocerus fleddermanni</i> Kempf, 1958	<i>Cephalotes notatus</i> Mayr, 1866	Parátipo	1	Kempf (1958)
<i>Paracryptocerus frigidus</i> Kempf, 1960	<i>Cephalotes frigidus</i> (Kempf, 1960)	Holótipo	1	Kempf (1960)
Total			16	



## NECESSIDADES E DESAFIOS

Podemos ressaltar que, após 26 anos de sua oficial nomeação, uns dos principais desafios para a coleção Adolph Hempel (IBSP-SP) é a expansão para melhor acomodação do acervo e inclusão de novos exemplares. Para isso, é necessário modificar o sistema de armazenamento dos atuais armários de madeira para sistema de armários deslizantes, que proporcionarão grande ganho de espaço. Outro ponto importante refere-se à falta de pessoas trabalhando com a coleção entomológica, uma vez que a escassez de alunos e pesquisadores impede a realização de diversos trabalhos na coleção do Instituto Biológico, desde auxílio para a sua composição até a digitalização do acervo. Vale ressaltar que a digitalização da coleção está em andamento, contudo o processo ocorre de maneira lenta, em razão da falta de pessoal.

## AGRADECIMENTOS

A. A. Oliveira agradece à Coordenação de Apoio ao Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de doutorado; K. P. A. C. Franco, I. N. Teixeira, W. Yamakawa e S. Ide agradecem à Fundação Toyota do Brasil, pelo apoio financeiro; à Márcia Maria Rebouças, pelo auxílio no levantamento de material histórico bibliográfico do Instituto Biológico.

## REFERÊNCIAS

ANTWEB, 2020. **AntWeb Version 8.22**. California Academy of Science. Disponível em: <https://www.antweb.org>. Acesso em: 10 janeiro 2020.

BORGMEIER, T., 1928. Algumas formigas do Museu Paulista. **Boletim Biológico** (12): 55-70.

BORGMEIER, T., 1929. Zur Kenntnis der brasilianischen Ameisen. EOS. **Revista Española de Entomología** 5(2): 195-214.

BORGMEIER, T., 1930. Duas rainhas de *Eciton* e algumas outras formigas brasileiras. **Archivos do Instituto Biológico de Defesa Agrícola e Animal** 3: 21-40, ests. 1-6.

BORGMEIER, T., 1931. Pequenas comunicações: *Acropyga pickeli* Borgm. 1927 (Hym., Formicidae). **Revista de Entomologia** 1(1): 105-106.

BORGMEIER, T., 1932. Pequenas comunicações: a proposito de *Acropyga pickeli* Borgm. (1927) (Hym. Formicidae). **Revista de Entomologia** 2(2): 238-239.

BORGMEIER, T., 1939. Nova contribuição para o conhecimento das formigas neotropicais (Hym. Formicidae). **Revista de Entomologia** 10(2): 403-428.

COSTA, C., S. IDE, G. H. ROSADO-NETO, M. H. M. GALILEO, C. R. V. FONSECA, R. M. VALENTE & M. A. MONNÉ, 2000. Diagnóstico del conocimiento de las principales colecciones brasileñas de Coleoptera. In: F. MARTÍN-PIERA, J. J. MORRONE & A. MELIC (Ed.): **Hacia un Proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica**: PriBES 2000: v. 1: 115-136. Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA)/ Monografías Tercer Milenio, Zaragoza.

COSTA LIMA, A., 1931. A propósito da *Acropyga pickeli* Borgm., 1927 (Hymenoptera: Formicoidea). **Boletim Biológico** (17): 2-9.

CYTRYNOWICZ, R., M. M. REBOUÇAS & S. D'AGOSTINI, 2013. **Álbum histórico do Instituto Biológico**: 86 anos de ciência em sanidade animal e vegetal. Editora Narrativa Um, São Paulo.

DE VIVO, M., L. F. SILVEIRA & F. O. DO NASCIMENTO, 2014. Reflexões sobre coleções zoológicas, sua curadoria e a inserção dos Museus na estrutura universitária brasileira. **Arquivos de Zoologia** 45: 105-113. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2176-7793.v45iespp105-113>.

FOREL, A., 1908. Ameisen aus Sao Paulo (Brasilien), Paraguay etc. gesammelt von Prof. Herm. v. Ihering, Dr. Lutz, Dr. Fiebrig, etc. **Verhandlungender Kaiserlich-Königlichen Zoologisch-Botanischen Gesellschaftin Wien** 58(8-9): 340-418.

GARMUS, L., 2011. Tomás Borgmeier o cientista. **Revista Instituto Teológico Franciscano** 3: 23-27. Disponível em: <https://issuu.com/provinciafranciscana/docs/121009234629-fafdd963efbe4c079d095d72f2fc6243/23>. Acesso em: 30 abril 2020.

HORN, W., I. KAHLE, G. FRIESE & R. GAEDIKE, 1990. **Collectiones entomologicae**: Ein Kompendium über den Verbleib entomologischer Sammlungen der Welt bis 1960. Teil I: A bis K. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin.

IDE, S., J. E. R. MARTINS, A. E. C. CAMPOS-FARINHA, S. L. IMENES & W. YAMAKAWA, 2005. Coleção Entomológica Adolph Hempel, Instituto Biológico – São Paulo: história, importância e função. **Páginas do Instituto Biológico** 1(1): 1-40. Disponível em: [http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/pag/1\\_1/de.htm](http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/pag/1_1/de.htm). Acesso em: 19 novembro 2019.

KEMPF, W., 1958. New studies of the ant tribe Cephalotini (Hym. Formicidae). **Studia Entomologica** (n. s.) 1(1-2): 1-168. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.26000>.

KEMPF, W., 1960. Miscellaneous studies on Neotropical ants (Hymenoptera, Formicidae). **Studia Entomologica** (n. s.) 3(1-4): 417-466. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.26016>.



KEMPF, W., 1976. Frei Tomás Borgmeier (1892-1975). **Vida Franciscana** (50): 77-96. Disponível em: <https://franciscanos.org.br/quemsomos/personagens/frei-tomas-borgmeier/>. Acesso em: 19 novembro 2019.

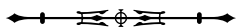
NICOLAU, S. A. (Org.), 2019. **Almanaque de Santo Antônio do Pinhal**: qualidade de vida para os pinhalenses, transformando nossa cidade. Fundação Toyota do Brasil & Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa do Agronegócio, São Paulo.

PEIXOTO, A. L., M. R. D. V. BARBOSA, M. MENEZES & L. C. MAIA, 2006. Diretrizes e estratégias para a modernização de coleções botânicas brasileiras com base na formação de taxonomistas e na consolidação de sistemas integrados de informação sobre biodiversidade. In: A. L. PEIXOTO, M. R. D. V. BARBOSA, M. MENEZES, L. C. MAIA, R. F. VAZOLELER, L. MARINONI & D. A. L. CANHOS (Org.): **Diretrizes e estratégias para a modernização de coleções biológicas brasileiras e a consolidação de sistemas integrados de informação sobre biodiversidade**: 145-182. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos/Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília.

REBOUÇAS, M. M., 2006. Pelo resgate da memória documental das ciências e da agricultura: o acervo do Instituto Biológico de São Paulo. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos** 13(4): 995-1005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-59702006000400011>.

REBOUÇAS, M. M. (Org.), 2009. **Arthur Neiva, o idealizador do Instituto Biológico**. Instituto Biológico, São Paulo.

REBOUÇAS, M. M. & A. BATISTA FILHO (Org.), 2017. **Instituto Biológico: 90 anos inovando o presente**. Editora Narrativa Um, São Paulo.



Anexo. Transcrição das informações dos rótulos dos espécimes-tipo de Formicidae (Insecta, Hymenoptera) da Coleção Entomológica Adolph Hempel, Instituto Biológico, São Paulo. Legendas: 01 = informações contidas nos rótulos; 02 = informações do livro de tombo. Nos rótulos, “[ ] ” delimitam informações de cada rótulo e “ | ” delimita informações de linha dos rótulos. No livro de tombo, “[ ] ” delimitam informações de cada registro, “ || ” delimitam informações de colunas e “ | ” delimita informações de cada linha. Quando o termo “Ibid.” constava no registro, as informações correspondentes foram citadas entre parênteses. (Continua)

*Azteca aesopus* Forel, 1908

01. [ 2155 ] [ Cotypus ] [ BRASIL, ESPÍRITO SANTO ] [ aesopus | For. | Calypen ] [ Coleção Entomológica Adolph | Hempel – Instituto Biológico | IBSP–IB–0.001.875 ].  
02. [ 2155 || *Azteca aesopus* For. | Esp. Santo. ].

*Camponotus scrobifer* Borgmeier, 1928

01. [ 3984 ] [ Typus ] [ BRASIL, SÃO PAULO, | Guarujá, 1910 ] [ Campon. | Neocolobopsis | scrobifer | Borg. ] [ C. Neocolobopsis | scrobifer Borg. | Typus | det Borgmeier ] [ Coleção Entomológica Adolph | Hempel – Instituto Biológico | IBSP–IB–0.001.878 ].  
02. [ 3984 || *Camponotus scroider* Borgm. | G Guarujá. S. P. 1910. ].

*Camponotus subtruncatus* Borgmeier, 1929

01. [ 57 ] [ C. (Pseudocol.) | subtruncatus | Borg. ] [ BRASIL, RIO DE JANEIRO – RO, Petrópolis. 1918 | Borgmeier col. ] [ Coleção Entomológica Adolph | Hempel – Instituto Biológico | IBSP–IB–0.001.877 ].  
01. [ 57 ] [ BRASIL, RIO DE JANEIRO – RO, Petrópolis. 1918 | Borgmeier col. ] [ Coleção Entomológica Adolph | Hempel – Instituto Biológico | IBSP–IB–0.001.884 ].  
02. [ 57. || *Camponotus subtruncatus* Borgm. | Petrop. Borgm. XI.1918 ].

*Leptogenys hansenii* Borgmeier, 1930

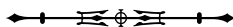
01. [ 3616 ] [ ♀ ] [ Typus ] [ BRASIL, RIO GRANDE DO SUL, Pareci Novo, | X.1927, Hansen col. ] [ Coleção Entomológica Adolph | Hempel – Instituto Biológico | IBSP–IB–0.001.178 ].  
02. [ 3616 || *Leptogenys hansenii* Borg. | Ibid. (Ibid: Pareci Novo X.27. Hansen) ].

*Leptogenys rubicunda* Borgmeier, 1930

01. [ 4744 ] [ Typus ] [ Leptogenys | Lobopelta | rubicunda | Typen Borg. ] [ BRASIL, RIO DE JANEIRO – RO, Petrópolis, IX | 1928, Wiltuschnij col. ] [ Coleção Entomológica Adolph | Hempel – Instituto Biológico | IBSP–IB–0.001.883 ].  
01. [ 4744 ] [ Typus ] [ BRASIL, RIO DE JANEIRO – RO, Petrópolis, IX | 1928, Wiltuschnij col. ] [ Coleção Entomológica Adolph | Hempel – Instituto Biológico | IBSP–IB–0.001.882 ].  
01. [ 4744 ] [ Typus ] [ BRASIL, RIO DE JANEIRO – RO, Petrópolis, IX | 1928, Wiltuschnij col. ] [ Coleção Entomológica Adolph | Hempel – Instituto Biológico | IBSP–IB–0.001.873 ].  
02. [ 4744 || *Leptogenys rubicunda* | Ibid. (Petropolis. IX.28.Wiltuschnij.) ].

*Megalomyrmex (Wheelerimyrmex) humilis* Borgmeier, 1930

01. [ 3287 ] [ Holotypus ] [ Megalomyrmex | humilis Borgmeier | = Pheidole | gertrudae Forel | n. syn. | W. Kempf. 1960 ] [ Megalomyrmex | (Wheelerimyrmex) | humilis | Borg. ] [ Rio de Janeiro, RJ | 25.ii.1927 |



Anexo.

(Conclusão)

O. Conde leg. ] [ BRASIL, RIO DE JANEIRO | RO, Rio de Janeiro | 25.II.1927, Conde Col. ] [ Coleção Entomológica Adolph Hempel – Instituto Biológico | IBSP–IB–0.002.188 ].

02. [ 3287 | | *Megalomyrmex pusilus* var. | Ibid. (Rio. XII.27. Conde) ].

*Megalomyrmex brasiliensis* Borgmeier, 1930

01. [ 4425 ] [ Cotypus ] [ *Megalomyrmex* | (*Weelerimyrmex*) | *gasparensis* | *brasiliensis* | Borg. | Typen 4425 ] [ *Megalomyrmex* | *silvestrii* | wh | Brandão det. ] [ Gaspar SC | Manoel S. | Fontes leg. 1918 ] [ Coleção Entomológica Adolph | Hempel – Instituto Biológico | IBSP–IB–0.003.198 ].

01. [ 4425 ] [ Cotypus ] [ Gaspar SC | Manoel S. | Fontes leg. 1918 ] [ *Megalomyrmex* | *silvestrii* | wh | Brandão det. ] [ Coleção Entomológica Adolph | Hempel – Instituto Biológico | IBSP–IB–0.003.199 ].

01. [ 4425 ] [ Cotypus ] [ Gaspar SC | Manoel S. | Fontes leg. 1918 ] [ *Megalomyrmex* | *silvestrii* | wh | Brandão det. ] [ Coleção Entomológica Adolph | Hempel – Instituto Biológico | IBSP–IB–0.003.200 ].

02. [ 4425 | | *Megalomyrmex brasiliensis* Borgm. | Ibid. (Gaspar. S. Cath. 1928, Fontes.) ].

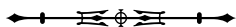
*Paracryptocerus fleddermanni* Kempf, 1958

01. [ Coleção Entomológica Adolph | Hempel – Instituto Biológico | IBSP–IB–0.001.881 ] [ SÃO PAULO | ALTO DA SERRA | ARAUJO col. | II40 ] [ *Paracryptocerus* | *fleddermanni* | Kempf | PARATYPUS ].

*Paracryptocerus frigidus* Kempf, 1960

01. [ Coleção Entomológica Adolph | Hempel – Instituto Biológico | IBSP–IB–0.001.880 ] [ 1131 ] [ Cabo Frio RJ | VIII.1926 | Borgmeier | n° 1131 ] [ *Paracryptocerus* | (*H.*) *frigidus* Kempf | Holotypus ] [ *Paracryptocerus* | *frigidus* Kempf | Kempf det. ].

02. [ 1131 | | *Cryptocerus frigidus* | Ibid. (Cabo Frio. VIII.26 Borgm. ).





## Coleção de referência do Laboratório de Mirmecologia do Alto Tietê, São Paulo, Brasil: *status* atual e perspectivas

Alto Tietê Myrmecology Laboratory reference collection,  
São Paulo, Brazil: current *status* and perspectives

Débora R. Souza-Campana<sup>1</sup>  | Claudia T. Wazema<sup>1</sup>  | Fabrício S. Magalhães<sup>1</sup>  | Nathalia S. Silva<sup>1</sup>  |  
Victor H. Nagatani<sup>1</sup>  | Sílvia S. Suguituru<sup>1</sup>  | Mariana A. Goto<sup>1</sup>  | Maria Santana de C. Morini<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidade de Mogi das Cruzes. Laboratório de Mirmecologia do Alto Tietê. Mogi das Cruzes, São Paulo, Brasil

**Resumo:** As coleções de referência são importantes acervos para a biodiversidade. Nelas, estão contidas amostras representativas e informações biológicas de regiões específicas, que servem de base para muitos estudos científicos. A coleção de referência do Laboratório de Mirmecologia do Alto Tietê reúne uma das mais expressivas coleções de formigas regionais para estudos taxonômicos e ecológicos. Atualmente, a coleção conta com 243 espécies/morfoespécies de formigas registradas em diferentes áreas da Floresta Atlântica do Alto Tietê, em São Paulo. Embora seja uma pequena coleção, o acervo é oriundo de coletas padronizadas, bem como todo o depósito das morfoespécies. A coleção de referência gerou muitas publicações em diferentes áreas de conhecimento e também contribuiu para a capacitação de profissionais que atuam na pesquisa e na educação formal e não formal.

**Palavras-chave:** Curadoria. Acervo biológico. Mata Atlântica. Coleções zoológicas. Conservação.

**Abstract:** Reference collections are important repositories of the biodiversity. They contain representative samples and biological information of specific regions, which can be used to a variety of scientific studies. The collection of the Alto Tietê Myrmecology Laboratory is one of the most important ant regional collections for taxonomic and ecological studies. Currently, it counts with 243 species/morphospecies of ants occurring in different areas of the Atlantic Forest of Alto Tietê (SP). Although it is a small collection, it comes from standardized samplings, which is also true for the entire morphospecies repository. The collection has already generated many publications in different areas of knowledge, and it has also contributed in the training of professionals working in formal and non-formal research and education.

**Keywords:** Curator. Biological collection. Atlantic Forest. Zoological collections. Conservation.

---

SOUZA-CAMPANA, D. R., C. T. WAZEMA, F. S. MAGALHÃES, N. S. SILVA, V. H. NAGATANI, S. S. SUGUITURU, M. A. GOTO & M. S. C. MORINI, 2020. Coleção de referência do Laboratório de Mirmecologia do Alto Tietê, São Paulo, Brasil: *status* atual e perspectivas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(1): 317-336. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.274>.

Autora para correspondência: Débora R. Souza-Campana. Universidade de Mogi das Cruzes. Laboratório de Mirmecologia do Alto Tietê. Av. Cândido Xavier Almeida e Souza, 200. Mogi das Cruzes, SP, Brasil. CEP 08780-911 (debora.rdsouza@gmail.com).

Recebido em 15/02/2020

Aprovado em 31/03/2020

Responsabilidade editorial: Livia Pires do Prado



Coleções biológicas são denominações dadas a acervos que reúnem espécies e amostras dos mais variados ecossistemas, e constituem uma ferramenta indispensável para taxonomistas e sistematistas (Peixoto *et al.*, 2006; Oliveira *et al.*, 2011), como também para pesquisadores que estudam morfologia, biogeografia e ecologia, entre outras áreas de conhecimento (Peixoto *et al.*, 2006; França & Callisto, 2007).

Historicamente, as coleções foram estabelecidas por desbravadores de terras, com o intuito de fazer exposições para a nobreza (Zaher & Young, 2003; Pyke & Ehrlich, 2010). Com o decorrer do tempo e, especialmente, após as grandes navegações entre o Velho e Novo Mundo, as coleções aumentaram significativamente, e os materiais biológicos coletados constituem muitos dos acervos que conhecemos atualmente (Zaher & Young, 2003; Mello, 2015).

A primeira coleção científica do Brasil foi criada pelo imperador Dom João VI, em 1818, e está alocada onde hoje se encontra o Museu Nacional do Rio de Janeiro. A criação de outros museus, como o Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), em 1866, e o Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZSP), em 1969, foi um marco para a expansão dos acervos de história natural no país. Estes museus representam locais de expressivos repositórios de diversidade zoológica (Zaher & Young, 2003; MZSP, 2010; Museu Nacional, 2019) para o país e para a Região Neotropical.

Paralelamente aos principais museus, várias coleções zoológicas regionais começaram a ser estabelecidas em departamentos universitários por diferentes instituições (Zaher & Young, 2003; Vivo *et al.*, 2014). Muitas vezes, essas coleções se encontram em espaços físicos pequenos, fator este que restringe o número de espécimes por espécie (Vivo *et al.*, 2014); mas a série depositada, com cerca de três a cinco exemplares por espécie e por localidade (*vouchers* comparativos para as identificações taxonômicas), acaba sendo suficiente para o processo de identificação.

Um fator importante aliado às coleções regionais é a maior abrangência de localidades amostrais, quando comparadas a coleções gerais. Esta característica das coleções de referência favorece a obtenção de dados sobre a fauna local ou regional, fundamentais para estudos em taxonomia e ecologia (Papavero, 1994).

Nos acervos zoológicos, em geral, informações biológicas/taxonômicas sobre invertebrados (quando comparados a vertebrados) são mais escassas, sendo este um dos motivos para que estes organismos sejam negligenciados nas políticas de conservação (Cardoso *et al.*, 2011). O Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA), em Manaus, e o Museu Paraense Emílio Goeldi, em Belém, possuem uma rica coleção de invertebrados, porém boa parte desta coleção ainda precisa de revisão taxonômica.

Especificamente no caso dos insetos, devido, em parte, à sua diversidade e à ampla distribuição geográfica (Rafael *et al.*, 2012), muitas espécies ainda não são conhecidas (Penteado *et al.*, 2009). Neste contexto, coleções regionais ou de referência podem ser ótimas ferramentas para que as lacunas sejam preenchidas. Entretanto, há diversas dificuldades na organização e manutenção de acervos regionais, pois, muitas vezes, essas atividades partem de uma iniciativa do pesquisador, que não tem apoio de agências de fomento ou até mesmo da instituição onde trabalha. Além disso, este profissional tem outras atribuições, como as relacionadas ao ensino, à pesquisa e a setores administrativos. Mesmo diante de todos os afazeres, o esforço desta iniciativa individual precisa persistir até que sejam consolidadas amostragens significativas para os inventários faunísticos necessários (Vivo *et al.*, 2014).

No Brasil, encontramos representativas coleções da fauna entomológica, como as inseridas no MZSP. Há também coleções mais específicas, como as de abelhas – Coleção Entomológica Prof. J.M.F. Camargo (RPSP), na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo; de

coleópteros e lepidópteros – Pe. Jesus Santiago Moure da Universidade Federal do Paraná/DZUP; e de insetos vetores – Instituto Evandro Chagas (IEC), em Belém, Pará (Restello *et al.*, 2015). Os estudiosos de formigas podem encontrar os *vouchers* em coleções brasileiras reconhecidas internacionalmente, como o MZSP (São Paulo, SP), que possui por volta de meio milhão de exemplares (Brandão, 2007), e o Museu Paraense Emílio Goeldi (Belém, PA), com cerca de 300.000 exemplares. Mas, há também a Coleção do Laboratório de Mirmecologia da Comissão Executiva do Plano de Lavoura Cacaueira (CPDC-CEPLAC), que conta com espécies oriundas de diversos estados brasileiros e também de outros países (CEPLAC, 2020), a qual, junto com o MZSP, detém as maiores coleções de formigas da América Latina; a Coleção Entomológica Adolph Hempel no Instituto Biológico (São Paulo, SP), onde está depositada a maior parte de formigas registradas em áreas urbanas do Brasil; bem como outros acervos regionais distribuídos em diferentes regiões do país, especialmente relacionados a estudos ecológicos (Camarota & Pacheco, 2015).

Atualmente, não há um registro oficial do número total de coleções de referência de formigas existentes no país, mas cerca de 38 laboratórios de pesquisa estão espalhados pelo Brasil (Formigas do Brasil, 2020), e muitos deles possuem acervos próprios. Um dos acervos regionais de extrema importância está alocado na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), sob a responsabilidade do Prof. Dr. Heraldo L. Vasconcelos. Outra coleção regional que merece ser lembrada é a do Prof. Dr. H. G. Fowler (*in memoriam*), que atualmente está sob a responsabilidade da Profa. Dra. Maria Santina de Castro Morini (Universidade de Mogi das Cruzes); este é um acervo regional que possui exemplares de formigas, especialmente de espécies com hábitos fungívoros, de fragmentos de Mata Atlântica Semidecídua, na região de Rio Claro e adjacências, que não mais existem no estado de São Paulo.

## COLEÇÃO DE REFERÊNCIA DO LABORATÓRIO DE MIRMICOLOGIA DO ALTO TIETÊ

### COLEÇÃO DE REFERÊNCIA SILVIA SAYURI SUGUITURU (LAMAT)

A coleção de referência do Laboratório de Mirmecologia do Alto Tietê iniciou em uma Instituição de Ensino Superior (IES) privada, a Universidade de Mogi das Cruzes, localizada na Região Metropolitana da cidade de São Paulo, no estado de São Paulo, no ano de 2000. Iniciativa semelhante foi trilhada pela Profa. Dra. Elena Diehl (*in memoriam*), que mantinha uma coleção de referência no Laboratório de Insetos Sociais da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), também uma IES privada (Diehl & Albuquerque, 2007). Inúmeros trabalhos foram publicados sobre a fauna de formigas do Rio Grande do Sul, com a formação de muitos profissionais que atuam em diversas áreas da mirmecologia.

A fauna de formigas da região do Alto Tietê (bacia hidrográfica do Alto Tietê Cabeceiras, São Paulo) está representada por inventários realizados em diferentes municípios, como Arujá, Biritiba Mirim, Ferraz de Vasconcelos, Guararema, Itaquaquecetuba, Mogi das Cruzes, Poá, Salesópolis, Santa Isabel e Suzano (Figura 1). Ao longo de 20 anos, foram registradas 166 espécies e 77 morfoespécies (Rangel *et al.*, 2019) (Apêndice). Com total de mais de 8 mil exemplares, que fazem parte da coleção de referência da mirmecofauna do Alto Tietê (coleção de referência Silvia Sayuri Suguituru), a coleção está alocada no Núcleo de Ciências Ambientais da Universidade de Mogi das Cruzes (UMC *Campus* Mogi das Cruzes, São Paulo). Os projetos que deram origem à coleção de referência foram elaborados especialmente por cerca de 180 alunos de graduação (trabalhos de conclusão de curso/iniciação científica), além de 26 dissertações de mestrado e quatro teses de doutorado.

O material biológico é mantido em armário de madeira, em gavetas com tampa de vidro, com todas as informações pertinentes à coleta de cada espécime

(Figura 2). Devido à umidade do local, uma técnica que está sendo usual e funcional é a utilização de sílica e cravo (em pequenas 'trouxinhas'), juntamente com giz (Figura 2), trocados periodicamente (intervalo de 5 a 7 dias). Essa prática tem sido suficiente para manter a coleção seca e livre de fungos.

Os processos de inserção de espécimes na coleção seguem o padrão realizado em museus, mas, atualmente, são feitos sem a utilização de números de tombos (número de depósito), etapa esta que deve ser estabelecida futuramente. A organização é feita sequencialmente, de acordo com a ordem previamente estabelecida para as espécies já depositadas; e as etapas de inserção incluem: (1) coleta, (2) processamento e (3) identificação dos táxons pelo grupo de pesquisa, usando

literatura pertinente e também o auxílio de especialistas de instituições parceiras (Figura 3). Exemplares de cada espécie são fixados em alfinetes entomológicos, etiquetados e depositados na coleção, após minuciosa conferência da espécie ou da morfoespécie. Os exemplares servem como material-testemunho, e também para que alunos em formação possam identificar os espécimes oriundos das coletas. O processo é contínuo, mas moroso, e faz com que a coleção receba sempre novos depósitos. Além disso, cada componente do laboratório mantém sua coleção particular dentro das mesmas normas e, posteriormente, os exemplares são depositados na coleção de referência, após rigorosa correção das espécies e numeração das morfoespécies.

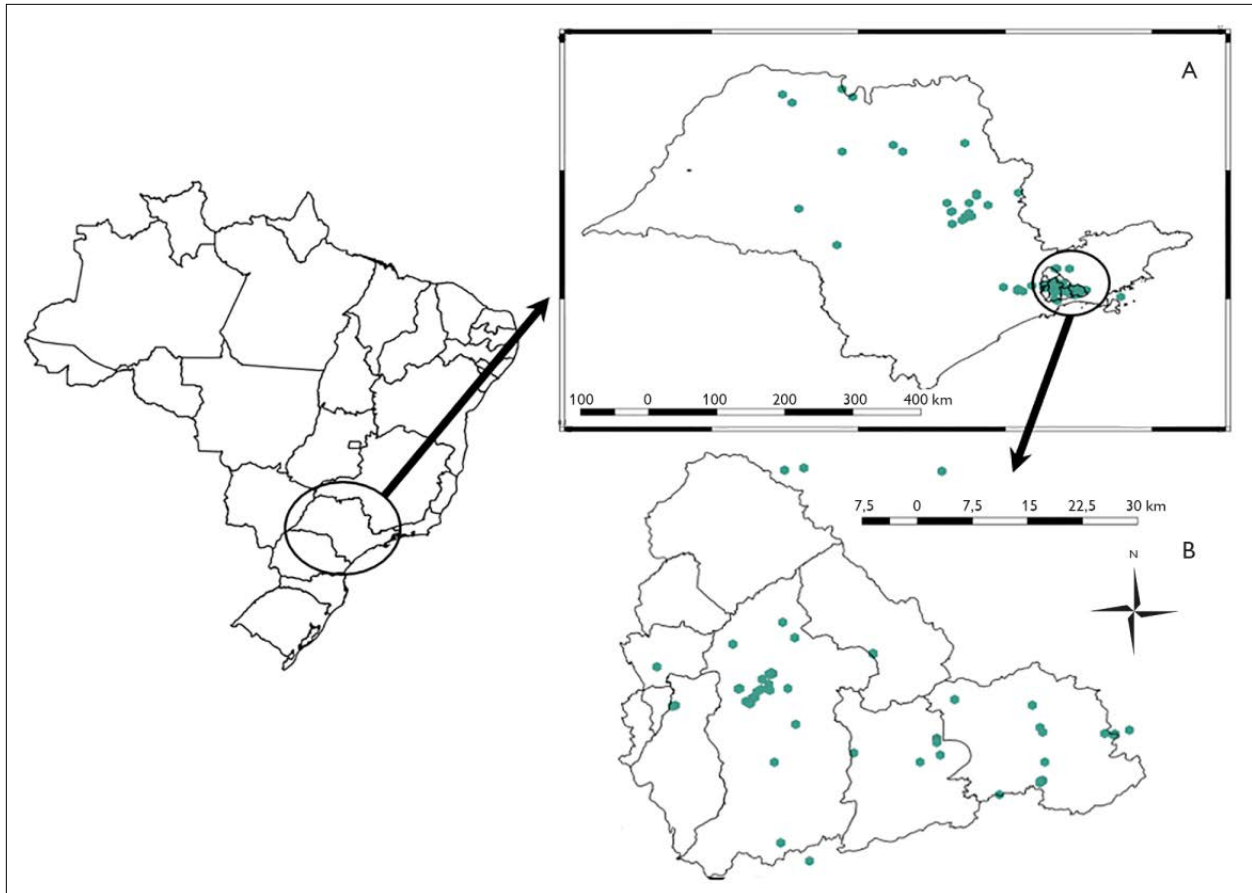


Figura 1. Localização dos levantamentos realizados pelo grupo de pesquisa do Laboratório de Mirmecologia do Alto Tietê ao longo de todo o estado de São Paulo. Em destaque, mapa de São Paulo (A) e da região do Alto Tietê (B). Mapa: V. H. Nagatani (2020).



Figura 2. Estrutura e organização do armário e das gavetas que armazenam a coleção de referência de formigas do Laboratório de Mirmecologia do Alto Tietê: A) armário com gavetas entomológicas; B-C) gavetas contidas por caixas menores e tampa de vidro; D-E) espécimes de formigas fixados e etiquetados; F) trouxinha com sílica, cravo e giz para controle de umidade. Fotos: C. T. Wazema (2020).

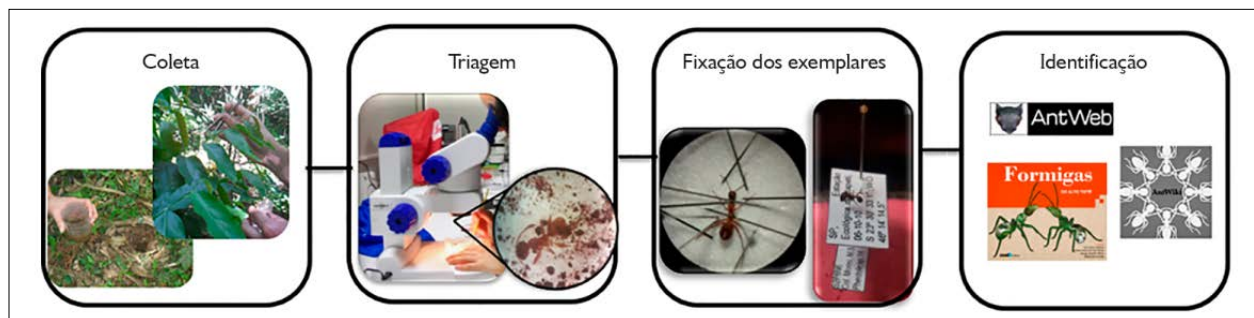


Figura 3. Etapas realizadas para a inserção de exemplares na coleção de referência do Laboratório de Mirmecologia do Alto Tietê. Fotos: N. S. Silva (2014); T. T. Fernandes (2016); B. S. Futikami (2016). Fontes: Suguturu *et al.* (2015); Antweb (2020); Antwiki (2020).



A coleção mantida no Laboratório de Mirmecologia do Alto Tietê é usada em todos os trabalhos de conclusão de curso, iniciação científica, mestrado e doutorado, sendo os alunos em formação os grandes responsáveis pelas etapas de processamento, identificação, depósito de exemplares, e, juntamente com o curador/pesquisador, também por zelar pela coleção, pois não há um técnico dedicado exclusivamente a este trabalho. Todos os alunos recebem um rigoroso treinamento sobre as atividades de curadoria, que envolvem técnicas de processamento e, principalmente, de armazenamento dos espécimes. Há, claro, confirmação quanto à identificação por pesquisadores mais experientes do grupo de pesquisa e também por colegas de outras instituições. A técnica de montagem (fixação de exemplares em alfinete entomológico) foi aprendida com Lyncon S. Ferreira (na época, técnico do laboratório do Prof. Carlos R. F. Brandão, do MZSP) e repassada para diversos alunos do Laboratório de Mirmecologia, com destaque para as primeiras alunas que se dedicaram à coleção: Antonia Faria de Melo Cassarotti, Renata Pacheco do Nascimento e Sílvia S. Suguituru. Na coleção de referência do Laboratório de Mirmecologia do Alto Tietê, impera a técnica desenvolvida por Sílvia, que, graças aos treinamentos constantes, possibilita a uniformidade do acervo. Além disso, esta técnica possibilita que os exemplares sejam mensurados, e muitos deles fazem parte do banco de dados morfométrico que está sendo alimentado continuamente pela Dra. Débora Rodrigues de Souza-Campana (UMC-LAMAT). Por exemplo, este banco de dados foi fundamental para a publicação de Martello *et al.* (2018), sobre diversidade funcional de formigas.

Os treinamentos relacionados com as práticas de curadoria precisam ser destacados, pois, como se trata de uma coleção praticamente mantida por alunos em fase de desenvolvimento de monografias de conclusão de curso e iniciação científica, com pouco tempo para se dedicarem à demanda que a coleção gera, cada um precisa seguir rigorosamente todas as etapas. Cada geração, representada

por diferentes alunos, sempre participa de reuniões sobre o tema (congressos, simpósios, palestras), além de cursos dentro e fora do estado de São Paulo e em outros países. Um grande destaque é a participação de alunos no curso “Formigas do Brasil: um projeto de ensino, pesquisa e divulgação em mirmecologia”, coordenado por Fernando Schmidt, Carla Ribas e Rodrigo Feitosa, que é ofertado a cada dois anos em diferentes biomas do Brasil (Formigas do Brasil, 2020).

Nos primórdios da elaboração da coleção de referência, o apoio de C. R. F. Brandão (MZSP) e Jacques H. C. Delabie (CEPLAC), juntamente com suas equipes e instituições, foi fundamental para que os trabalhos pudessem avançar e, por consequência, fosse conquistado o primeiro auxílio de fomento concedido pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP): “Inventário da Mirmecofauna em fragmentos de Mata Atlântica localizados na Serra do Itapeti” (processo n. 98/14509-0), realizado em um importante remanescente de Floresta Ombrófila Densa, pertencente ao Parque Natural Municipal Francisco Affonso de Mello; hoje, reconhecido como a maior Unidade de Conservação da Serra do Itapeti.

Embora as trocas de informações e conhecimentos sejam realizadas constantemente com instituições parceiras – como MZSP, Laboratório de Morfologia e Ecologia Funcional de Formigas do Museu Goeldi (AntMor/MPEG), Centro de Estudos de Insetos Sociais da Universidade Estadual Paulista (CEIS/UNESP), FeitosaLab da Universidade Federal do Paraná (FeitosaLab/UFPR), Instituto Biológico de São Paulo (IB) e Coleção do Laboratório de Mirmecologia da CEPLAC –, dificuldades quanto à identificação surgem constantemente. Atualmente, no país, são mais de 1.550 espécies descritas, pertencentes a 130 gêneros e 14 subfamílias (AntWeb, 2020), e a coleção de referência do Alto Tietê possui 13% dessas espécies. Especificamente em relação à Mata Atlântica, onde estão registradas 974 espécies (Feitosa *et al.*, em preparação), a coleção do Alto Tietê corresponde a 15% desta fauna. Por essa razão,



muitos táxons acabam sendo organizados na coleção de acordo com seus morfotipos (= morfoespécies), ou seja, agrupamentos conforme características morfológicas dos gêneros catalogados, seguindo uma ordem de sequência contínua, de acordo com a inserção prévia de exemplares na coleção (no Apêndice, há exemplos de sequência de morfoespécies). Em nenhum momento na coleção há a mesma morfoespécie com dois números diferentes. Uma rigorosa conferência dos espécimes é realizada pelos integrantes do grupo de pesquisa, para que não haja duas morfoespécies com dois números diferentes.

Diante das espécies não identificadas da coleção, para que a comunidade acadêmica tenha acesso às morfoespécies que estão listadas nos artigos, um livro foi publicado (Suguituru *et al.*, 2015), inclusive àquelas ainda não descritas, como é o caso de *Megalomyrmex*, registrada por Figueiredo *et al.* (2013), que se encontra neste livro como *Megalomyrmex* sp. n. (Figura 4). Atualmente, este exemplar, e outros que foram coletados por Fernandes *et al.* (2019b), estão sendo descritos por Livia P. Prado (MPEG), com possíveis duas novas espécies. Diferentes espécies de *Myrmelachista*, com colônias inteiras preservadas em álcool ou freezer, também fazem parte da coleção (Figura 5). Atualmente, os exemplares registrados por Nakano *et al.* (2012, 2013, 2014, 2015) estão sendo estudados por Rodolfo Probst (*University of Utah* – EUA).

Os trabalhos sobre *Myrmelachista* impulsionaram projetos relacionados à ocupação de galhos por formigas, e aportes de conhecimento biológico foram publicados em Fernandes *et al.* (2012, 2018, 2019a, 2019b, 2020); Souza *et al.* (2012); Silva *et al.* (2016); Souza-Campana *et al.* (2017); e Barroso *et al.* (in press).

A grande maioria dos projetos de pesquisa que originou a coleção de referência foi efetuada em fragmentos de Mata Atlântica conservados, localizados em áreas de proteção ambiental ou pertencentes a propriedades privadas (pessoa física ou jurídica). Há, todavia, aqueles desenvolvidos em (1) fragmentos de Floresta Ombrófila Densa com alto grau de antropização, mas com registros



Figura 4. Nova espécie de *Megalomyrmex* sp. n. registrada no Parque das Neblinas, região do Alto Tietê Cabeceiras, São Paulo.

de espécies especialistas, como *Discothyrea neotropica* e *D. sexarticulata* (Figura 6), (2) em cultivos agrícolas, como é o caso de projetos desenvolvidos sobre *Solenopsis* spp., ou, ainda, em (3) áreas de Floresta Atlântica Semidecídua (Mentone *et al.*, 2009, 2011).

## PRODUTOS E FORMAÇÃO DE PESSOAS

A padronização e a organização da coleção de referência do Laboratório de Mirmecologia do Alto Tietê contribuem para a obtenção de uma gama de informações biológicas e geográficas associadas aos táxons registrados. Informações sobre locais de coleta, período das expedições, coordenadas geográficas e técnicas usadas com certeza são essenciais para que os dados biológicos possam ser usados como uma poderosa ferramenta para programas de conservação, desenvolvimento sustentável, bem como para a formação de gerações de profissionais relacionados às ciências ambientais. Inclusive, dados provenientes de trabalhos taxonômicos e decorrentes de estudos de coleções biológicas são essenciais para programas de conservação, e isso está na deliberação n. 53 de 2008 da Comissão Nacional de Biodiversidade (CONABIO), segundo a qual o Ministério do Meio Ambiente reconhece a importância da formação de profissionais capacitados na área de taxonomia para que possam compor e consolidar coleções biológicas, a fim de gerenciar e conservar a biodiversidade brasileira (MMA, 2008).



Figura 5. Exemplos de *Myrmelachista* ocorrentes na região do Alto Tietê Cabeceiras, São Paulo: A) *Myrmelachista arthuri*; B) *M. catharinae*; C) *M. gallicola*; D) *M. nodigera*; E) *M. reticulata*; F) *M. ruszkii*. Fonte: Suguituru *et al.* (2015).

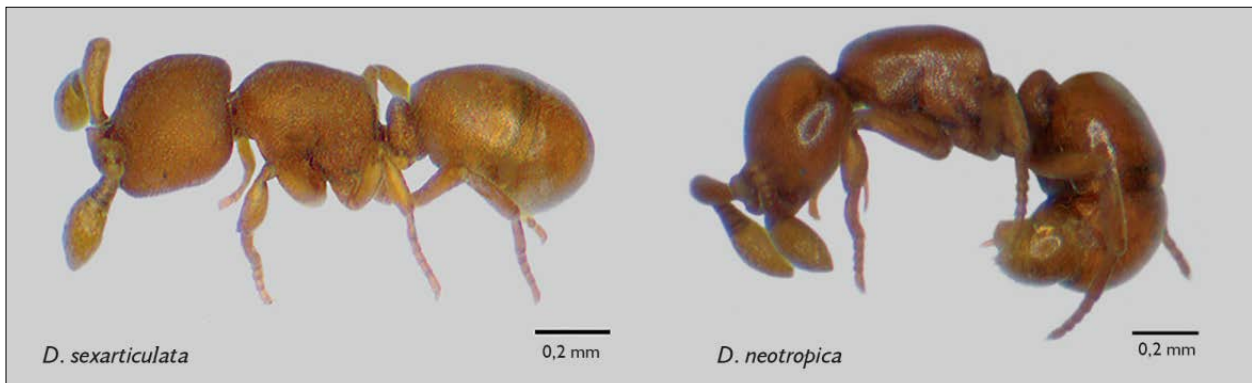


Figura 6. Exemplos do grupo especialista *Dyscothyrea* registrados em áreas antropizadas da região do Alto Tietê Cabeceiras, São Paulo. Fotos: C. T. Wazema (2019). Fonte: Suguituru *et al.* (2015).

Os inventários realizados pelo grupo de pesquisa de formigas do Alto Tietê contribuíram para a publicação de um total de 70 artigos científicos indexados em revistas nacionais e internacionais, além de 23 capítulos de livros e de três livros (Morini & Miranda, 2012; Suguituru *et al.*, 2015; Bueno *et al.*, 2017) nas mais diferentes áreas dentro da mirmecologia. Diferentes gerações de alunos, estagiários e, hoje, pesquisadores contribuíram e ainda contribuem para a manutenção da coleção. Muitos desses alunos atuam na educação básica, fazendo com que as formigas não sejam vistas como insetos que trazem malefícios para o ser humano. Um exemplo a ser dado vem de alunos de ensino médio que tiveram a oportunidade de entrar em contato com a coleção de referência e elaboraram uma exposição mostrando um “Novo olhar sobre as formigas” (ver Cordeiro *et al.*, 2017).

Um destaque necessário é para a obra “Formigas do Alto Tietê” (Suguituru *et al.*, 2015), produto de uma parceria de extremo valor entre o Dr. Rodrigo Feitosa (FeitosaLab/UFPR), o Dr. Rogério Silva (Antmor/MPEG) e o Laboratório de Mirmecologia do Alto Tietê, possibilitando a publicação de uma obra inédita, financiada pela FAPESP (processo n. 2012/50223-3), onde Silvia S. Suguituru e colaboradores mostram, de maneira didática, uma parte da coleção de referência. Um dos objetivos dessa obra foi possibilitar a padronização das morfoespécies pelas gerações de alunos que vão surgindo com o passar dos anos. Segundo a atual diretora do Instituto Biológico de São Paulo, Dra. Ana Eugênia de Carvalho Campos, as morfoespécies de formigas depositadas na Coleção Entomológica Adolph Hempel estão padronizadas de acordo com Suguituru *et al.* (2015). Assim, a contribuição desta obra é fundamental, pois ainda estamos aquém de conseguir nomear todas as espécies de formigas de uma coleção. Além do avanço do conhecimento sobre as espécies de formigas, essa obra tem contribuído com o despertar de crianças para a diversidade em projetos de educação ambiental ou durante visitas à Universidade de Mogi das Cruzes.

## DESAFIOS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Entre 2018 e 2019, com a proposta “Atlantic ants” (Silva *et al.*, em preparação), a coleção de referência do Laboratório de Mirmecologia do Alto Tietê realizou um novo desafio de compilar as informações publicadas pelo grupo e organizar um banco de dados com as espécies registradas ao longo de 20 anos. Com esse esforço, uma ampla revisão na lista taxonômica da coleção também foi realizada, sendo, então, uma importante contribuição em termos de representatividade de conhecimento de formigas para o bioma Mata Atlântica não só da região do Alto Tietê Cabeceiras, como também para todo o estado de São Paulo.

Quando os trabalhos foram iniciados na Serra do Itapeti, apenas os gêneros *Atta*, *Pheidole* e *Camponotus* eram conhecidos, sendo que os últimos levantamentos mostram que, na mesma área, há 110 espécies registradas (Suguituru *et al.*, 2015) e depositadas na coleção de referência. Além disso, registros como os de *Brachymyrmex micromegas* (Figura 7), uma espécie considerada como Vulnerável, na lista nacional (ICMBio, 2018) e estadual (São Paulo, 2018) do livro vermelho de espécies ameaçadas (Apêndice), evidenciam a importância da manutenção de um acervo que conta a história natural do local.



Figura 7. Exemplar de *Brachymyrmex micromegas* ocorrente na região do Alto Tietê Cabeceiras, em São Paulo. Fonte: Suguituru *et al.* (2015).

A organização e a identificação correta de táxons de coleções regionais ou de referências são valiosas ferramentas para programas de conservação, desenvolvimento sustentável e conscientização frente à preservação da diversidade biológica. E, em função da diversidade de espécies de formigas descritas, manter todos os táxons identificados em nível específico, a fim de se reduzir o número de espécimes classificados em morfotipos, é, sem dúvida, um dos maiores desafios a serem enfrentados. Adicionalmente, o desenvolvimento de meios de divulgação científica precisa estar cada vez mais presente, especialmente para viabilizar conexões entre pesquisadores e visitantes, para que o entendimento de serviços ecossistêmicos prestados pelas formigas seja conhecido por toda a população; e esta também é uma grande meta a ser alcançada.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

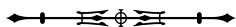
As coleções de referência, embora difíceis de serem mantidas diante dos inúmeros desafios de organização, financiamento e infraestrutura, representam acervos fundamentais para o conhecimento da biodiversidade regional. Laboratórios com coleções padronizadas e bem organizadas oferecem à comunidade científica uma gama de informações regionais que são importantes para o enriquecimento do conhecimento de características biológicas de muitos táxons, além de auxiliarem na formação de profissionais. Exemplos de boas coleções de referência devem ser expandidos para que possamos, ao longo do tempo, ter informações fidedignas em relação aos mais remotos fragmentos de vegetação nativa ainda existentes no país.

Além disso, a contínua elaboração e manutenção de uma coleção biológica possibilita o surgimento de outros frutos, como é o caso da coleção de referência do Laboratório de Mirmecologia do Alto Tietê. A publicação do livro “Serra do Itapeti: aspectos históricos, sociais e naturalísticos” (Morini & Miranda, 2012) é um exemplo. As informações dessa obra contribuíram para discussões sobre a Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra do

Itapeti (O projeto, s. d.) e o corredor ecológico que unirá as Serras do Itapeti e do Mar (Mogi das Cruzes, s. d.), que são duas políticas públicas importantes para a recuperação e conservação dos fragmentos de Mata Atlântica da região do Alto Tietê; além de terem contribuído com o projeto “Caminhos do Itapeti: a busca por práticas sustentáveis”, financiado pela Fundação SOS Mata Atlântica (2018), que resultou no livro “Caminhos do Itapeti: zona de amortecimento do Parque Natural Municipal Francisco Affonso de Mello” (Morini *et al.*, 2018), o qual está sendo usado por órgãos competentes para impedir que novas construções sejam realizadas em uma área que tem como função proteger a Unidade de Conservação; ou até mesmo em projetos de educação ambiental (Serráqueos Documentário, 2019).

## REFERÊNCIAS

- ANTWEB, 2020. Disponível em: <https://www.antweb.org/>. Acesso em: 30 janeiro 2020.
- ANTWIKI, 2020. Disponível em: <https://www.antwiki.org>. Acesso em: 30 janeiro 2020.
- BARROSO, S. C., E. L. LONGUI, T. T. FERNANDES, C. M. OLIVEIRA, A. CASADEI-FERREIRA & M. S. C. MORINI, in press. Twigs occupied by *Pheidole* Westwood, 1839: is there a difference between species? **Biota Neotropica**.
- BRANDÃO, C. R. F., 2007. As coleções de formigas dos principais biomas do país no Museu de Zoologia da USP. **Biológico** 69(suplemento 2): 89-90.
- BUENO, O. C., A. E. C. CAMPOS & M. S. C. MORINI, 2017. **Formigas em ambientes urbanos no Brasil**: 1-685. Canal 6 Editora, Bauru.
- CAMAROTA, F. C. & R. PACHECO, 2015. A taxonomia no trabalho do ecólogo. In: S. S. SUGUITURU, M. S. C. MORINI, R. M. FEITOSA & R. D. SILVA (Ed.): **Formigas do Alto Tietê**: 73-80. Canal 6 Editora, Bauru.
- CARDOSO, P., T. L. ERWIN, P. A. BORGES & T. R. NEW, 2011. The seven impediments in invertebrate conservation and how to overcome them. **Biological Conservation** 144(11): 2647-2655. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.07.024>.
- COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DE LAVOURA CACAUEIRA (CEPLAC), 2020. Disponível em: <http://www.ceplac.gov.br/>. Acesso em: 1 fevereiro 2020.



- CORDEIRO, R. S., J. P. FERREIRA, M. S. C. MORINI & M. WUO, 2017. Formigas em áreas verdes das escolas: aula prática para o ensino de biodiversidade. In: O. C. BUENO, A. E. C. CAMPOS & M. S. C. MORINI (Ed.): **Formigas em ambientes urbanos no Brasil**: 593-622. Canal 6 Editora, Bauru.
- DIEHL, E. & E. Z. ALBUQUERQUE, 2007. Representantes das quatro províncias geomorfológicas do Rio Grande do Sul na Coleção de Formicidae do Laboratório de Insetos Sociais da Unisinos. **Biológico** 69(suplemento 2): 101-104.
- FERNANDES, T. T., R. R., SILVA, D. R. SOUZA, N. ARAÚJO & M. S. C. MORINI, 2012. Undecomposed twigs in the leaf litter as nest-building resources for ants (Hymenoptera: Formicidae) in areas of the Atlantic Forest in the Southeastern Region of Brazil. **Psyche: A Journal of Entomology** 2012: 896473. DOI: <https://doi.org/10.1155/2012/896473>.
- FERNANDES, T. T., D. R. SOUZA-CAMPANA, R. R. SILVA & M. S. C. MORINI, 2018. Ants that frequently colonize twigs in the leaf litter of different vegetation habitats. **Sociobiology** 65(2): 340-344. DOI: <http://dx.doi.org/10.13102/sociobiology.v65i2.2742>.
- FERNANDES, T. T., W. DÁTILLO, R. R. SILVA, P. LUNA, C. M. OLIVEIRA & M. S. C. MORINI, 2019a. Ant occupation of twigs in the leaf litter of the Atlantic Forest: influence of the environment and external twig structure. **Tropical Conservation Science** 12: 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1177/1940082919852943>.
- FERNANDES, T. T., R. R. SILVA, D. R. SOUZA-CAMPANA, O. G. M. SILVA & M. S. C. MORINI, 2019b. Winged ants (Hymenoptera: Formicidae) presence in twigs on the leaf litter of Atlantic Forest. **Biota Neotropica** 19(3): e20180694. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2018-0694>.
- FERNANDES, T. T., W. DÁTILLO, R. R. SILVA, P. LUNA, A. B. BRAZ & M. S. C. MORINI, 2020. Cohabitation and niche overlap in the occupation of twigs by arthropods in the leaf litter of Brazilian Atlantic Forest. **Insectes Sociaux**. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-020-00753-w>.
- FIGUEIREDO, C. J., R. R. SILVA, C. B. MUNHAE & M. S. C. MORINI, 2013. Ant fauna (Hymenoptera: Formicidae) attracted to underground traps in Atlantic Forest. **Biota Neotropica** 13(1): 176-182. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032013000100020>.
- FORMIGAS DO BRASIL, 2020. **Formigas do Brasil**: um projeto de ensino, pesquisa e divulgação em mirmecologia. Disponível em: <https://formigasdobrasil.com/mirmecologia/mirmecologos-pelo-brasil/>. Acesso em: 5 fevereiro 2020.
- FRANÇA, J. S. & M. CALLISTO, 2007. Coleção de macroinvertebrados bentônicos: ferramenta para o conhecimento da biodiversidade em ecossistemas aquáticos continentais. **Neotropical Biology and Conservation** 2(1): 3-10.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2018. **Fundação SOS Mata Atlântica apoia livro sobre a Serra do Itapeti**. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/serra-do-itapeti/>. Acesso em: 5 fevereiro 2020.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio), 2018. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**: invertebrados: v. 7: 1-730. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- MARTELLO, F., F. BELLO, M. S. C. MORINI, R. R. SILVA, D. R. SOUZA-CAMPANA, M. C. RIBEIRO & C. P. CARMONA, 2018. Homogenization and impoverishment of taxonomic and functional diversity of ants in *Eucalyptus* plantations. **Scientific Reports** 8(1): 3266. DOI: <http://doi.org/10.1038/s41598-018-20823-1>.
- MELLO, R. L., 2015. Coleções biológicas e a conservação da biodiversidade. In: S. S. SUGUITURU, M. S. C. MORINI, R. M. FEITOSA & R. D. SILVA (Ed.): **Formigas do Alto Tietê**: 89-99. Canal 6 Editora, Bauru.
- MENTONE, T., M. S. C. MORINI, L. SOUZA & S. M. P. BRAGA, 2009. Hymenoptera communities in an agroecosystem using direct seeding in southeastern Brazil. **Sociobiology** 53(2B): 473-486.
- MENTONE, T., E. A. DINIZ, C. B. MUNHAE, O. C. BUENO & M. S. C. MORINI, 2011. Composição da fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) de serapilheira em florestas semidecídua e de *Eucalyptus* spp., na região sudeste do Brasil. **Biota Neotropica** 11(2): 237-246. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000200024>.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA), 2008. **Deliberação CONABIO n. 53, de 26 de agosto de 2008**. Disponível em: [https://www.mma.gov.br/estruturas/conabio/\\_arquivos/deliberacao\\_53\\_ctpcoletes\\_15.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/conabio/_arquivos/deliberacao_53_ctpcoletes_15.pdf). Acesso em: 17 março 2020.
- MOGI DAS CRUZES [s. d.]. Secretaria de Planejamento e Urbanismo. **Plano Diretor Vigente**. Disponível em: <http://www.mogidascruzes.sp.gov.br/pagina/secretaria-de-planejamento-e-urbanismo/plano-diretor-vigente>. Acesso em: 17 março 2020.
- MORINI, M. S. C. & V. O. MIRANDA, 2012. **Serra do Itapeti**: aspectos históricos, sociais e naturalísticos: 1-400. Canal 6 Editora, Bauru.
- MORINI, M. S. C., C. R. S. OLIVEIRA, M. WUO, R. J. ALMEIDA-SCABBIA & R. SARTORELLO, 2018. **Caminhos do Itapeti**: zona de amortecimento do Parque Natural Municipal Francisco Affonso de Mello: 1-158. Canal 6 Editora, Bauru.
- MUSEU DE ZOOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (MZSP), 2010. **História**. Disponível em: <http://mz.usp.br/pt/museu/historia/>. Acesso em: 24 setembro 2019.
- MUSEU NACIONAL, 2019. **O Museu**. Disponível em: <http://www.museunacional.ufrj.br/dir/omuseu/omuseu.html>. Acesso em: 24 setembro 2019.
- NAKANO, M. A., R. M. FEITOSA, C. O. MORAES, L. D. C. ADRIANO, E. P. HENGLES, E. L. LONGUI & M. S. C. MORINI, 2012. Assembly of *Myrmelachista* Roger (Formicidae: Formicinae) in twigs fallen on the leaf litter of Brazilian Atlantic Forest. **Journal of Natural History** 46(33-34): 2103-2115. DOI: <https://doi.org/10.1080/00222933.2012.707247>.



- NAKANO, M. A., V. F. O. MIRANDA, D. R. SOUZA, R. M. FEITOSA & M. S. C. MORINI, 2013. Occurrence and natural history of *Myrmelachista* Roger (Formicidae: Formicinae) in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. **Revista Chilena de Historia Natural (Impresa)** 86(2): 169-179.
- NAKANO, M. A., V. F. O. MIRANDA, R. M. FEITOSA & M. S. C. MORINI, 2014. The genetic characterization of *Myrmelachista* spp. Roger assemblages (Hymenoptera: Formicidae: Formicinae) in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. **Sociobiology** 61(1): 21-27. DOI: <http://dx.doi.org/10.13102/sociobiology.v61i1.21-27>.
- NAKANO, M. A., R. R. SILVA, V. F. O. MIRANDA, R. M. FEITOSA & M. S. C. MORINI, 2015. Morphological differentiation between species of *Myrmelachista* Roger (Formicidae: Formicinae) in Atlantic Forest areas of the Alto Tietê (São Paulo). **Sociobiology** 62(2): 321-327. DOI: <http://dx.doi.org/10.13102/sociobiology.v62i2.321-327>.
- O PROJETO [s. d.]. **Serra do Itapeti**: aspectos históricos, sociais e naturalísticos. Disponível em: <https://canal6.com.br/site/>. Acesso em: 24 setembro 2019.
- OLIVEIRA, J. P., J. OLIVEIRA & C. L. C. MANSO, 2011. Inventário da coleção de equinodermos do LABIMAR, Campus Profº. Alberto Carvalho, Universidade Federal de Sergipe. **Scientia Plena** 6(12): 1-14.
- PAPAVERO, N., 1994. **Fundamentos práticos de taxonomia zoológica**: 1-291. Editora UNESP, São Paulo.
- PEIXOTO, A. L., M. R. V. BARBOSA, M. MENEZES & L. MAIA, 2006. Diretrizes e estratégias para a modernização de coleções botânicas brasileiras com base na formação de taxonomistas e na consolidação de sistemas integrados de informação sobre biodiversidade. In: A. L. PEIXOTO, M. R. V. BARBOSA, M. MENEZES & L. MAIA (Ed.): **Diretrizes e estratégias para a modernização de coleções biológicas brasileiras e a consolidação de sistemas integrados de informação sobre biodiversidade**: 145-182. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos/Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília.
- PENTEADO, S. R. C., L. R. BARBOSA, E. T. IEDE, W. REIS FILHO, P. SRAPASSON, A. M. LINZMEIER & M. J. THOMAZINI, 2009. **Reconhecimento e identificação das principais famílias de insetos de importância quarentenária associados a materiais de propagação e/ou madeira**. EMBRAPA (Documentos, 193), Colombo. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/32499/1/Doc193-2.pdf>. Acesso em: 11 fevereiro 2020.
- PYKE, G. H. & P. R. EHRlich, 2010. Biological collections and ecological/environmental research: a review, some observations and a look to the future. **Biological Reviews** 85(2): 247-266. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2009.00098.x>.
- RAFAEL, J. A., G. A. R. MELO, C. J. B. CARVALHO, S. A. CARARI & R. CONSTANTINO (Ed.), 2012. **Insetos do Brasil**: diversidade e taxonomia: 1-795. Holos, Ribeirão Preto.
- RANGEL, S. C., N. S. SILVA, C. T. WAZEMA & M. S. C. MORINI, 2019. Ants from the Alto Tietê (SP): current status of the collection. **Abstract Book do Simpósio de Mirmecologia An International Ant Meeting** 24: 330. Disponível em: [https://drive.google.com/file/d/1e0dXK1klupk\\_94a15p-D\\_GvaRtPXRfzy/view](https://drive.google.com/file/d/1e0dXK1klupk_94a15p-D_GvaRtPXRfzy/view). Acesso em: 5 fevereiro 2020.
- RESTELLO, R. M., L. A. MIOLO, A. S. CHAVES, L. U. HEPP & R. GIOVENARDI, 2015. Coleção entomológica do museu regional do Alto Uruguai: ênfase em Papilionidae (Lepdoptera, Papilionoidea). **Perspectiva** 39: 43-49.
- SÃO PAULO, 2018. Decreto n. 63.853, de 27 de novembro de 2018. Declara as espécies da fauna silvestre no Estado de São Paulo regionalmente extintas, as ameaçadas de extinção, as quase ameaçadas e as com dados insuficientes para avaliação, e dá providências correlatas. **Diário Oficial** Seção I, 128(221): 1-10.
- SERRÁQUEOS DOCUMENTÁRIO, 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=LnfLCSd6aPU>. Acesso em: 5 fevereiro 2020.
- SILVA, O. G. M., T. T. FERNANDES, R. R. SILVA, D. R. SOUZA-CAMPANA & M. S. C. MORINI, 2016. Twigs of *Albizia niopoides* (Spruce ex Benth.) Burkart as a nesting resource for ants (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Brasileira de Entomologia** 60(2): 182-185. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rbe.2016.01.001>.
- SOUZA, D. R., T. T. FERNANDES, J. R. O. NASCIMENTO, S. S. SUGUITURU & M. S. C. MORINI, 2012. Characterization of ant communities (Hymenoptera: Formicidae) in twigs in the leaf litter of the Atlantic rainforest and *Eucalyptus* trees in the Southeast Region of Brazil. **Psyche: A Journal of Entomology** 2012: 532768. DOI: <https://doi.org/10.1155/2012/532768>.
- SOUZA-CAMPANA, D. R., R. R. SILVA, T. T. FERNANDES, O. G. M. SILVA, L. P. SAAD & M. S. C. MORINI, 2017. Twigs in the leaf litter as ant habitats in different vegetation habitats in Southeastern Brazil. **Tropical Conservation Science** 10: 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1177/1940082917710617>.
- SUGUITURU, S. S., M. S. C. MORINI, R. M. FEITOSA & R. D. SILVA, 2015. **Formigas do Alto Tietê**: 1-456. Canal 6 Editora, Bauru. Disponível em: [http://www.canal6.com.br/formigas/Formigas\\_do\\_alto\\_tiete\\_completo.pdf](http://www.canal6.com.br/formigas/Formigas_do_alto_tiete_completo.pdf). Acesso em: 5 fevereiro 2020.
- VIVO, M., L. F. SILVEIRA & F. O. NASCIMENTO, 2014. Reflexões sobre coleções zoológicas, sua curadoria e a inserção dos museus na estrutura universitária brasileira. **Arquivos de Zoologia** 45(esp): 105-113. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2176-7793.v45iespp105-113>.
- ZAHER, H. & P. S. YOUNG, 2003. As coleções zoológicas brasileiras: panorama e desafios. **Ciência e Cultura** 55(3): 24-26.



Apêndice. Lista de espécies catalogadas na coleção de referência do Alto Tietê: *status* de registro, grau de ameaça de acordo com o livro vermelho de espécies ameaçadas, local de registro, número de trabalhos citados com a espécie e ocorrência total registrada para a região do Alto Tietê Cabeceiras. Legendas: \* = grau de ameaça classificada a partir de ICMBio (2018) e São Paulo (2018); \*\* = espécie coletada em malha urbana; SD = sem dados suficientes para avaliação ou ainda não publicado; VU = vulnerável. (Continua)

Espécies/Morfoespécies	<i>Status</i>	Grau de ameaça*	Registro			
			Área urbana	Área de floresta	Número de trabalhos	Ocorrência total
<i>Acanthoponera mucronata</i> (Roger, 1860)	Comum	-	-	X	3	5
<i>Acanthostichus quadratus</i> Emery, 1895	Comum	-	-	X	3	8
<i>Acanthognathus ocellatus</i> Mayr, 1887	Comum	-	-	X	5	36
<i>Acanthognathus rudis</i> Brown & Kempf, 1969	Comum	-	-	X	7	27
<i>Acromyrmex disciger</i> (Mayr, 1887)	Comum	-	X	X	6	47
<i>Acromyrmex niger</i> (Smith, 1858)	Comum	-	X	X	9	51
<i>Acromyrmex rugosus rochai</i> (Forel, 1904)	Comum	-	-	X	3	6
<i>Anochetus altisquamis</i> Mayr, 1887	Comum	-	X	X	4	24
<i>Anochetus neglectus</i> Emery, 1894	Comum	-	X	X	1	3
<i>Apterostigma</i> gr. <i>pilosum</i>	Comum	-	X	X	2	6
<i>Apterostigma</i> sp.1	Comum	-	X	X	6	29
<i>Apterostigma</i> sp.2	Comum	-	X	X	2	15
<i>Atta laevigata</i> (Smith, 1858)	Comum	-	X	X	SD	SD
<i>Atta sexdens</i> (Linnaeus, 1758)	Comum	-	X	X	4	56
<i>Azteca muelleri</i> Emery, 1893	Comum	-	-	X	1	1
<i>Azteca</i> sp.1	Comum	-	-	X	2	3
<i>Azteca</i> sp.2	Comum	-	-	X	2	2
<i>Basiceros disciger</i> (Mayr, 1887)	Comum	-	-	X	2	10
<i>Basiceros</i> sp. n1	Rara	-	-	X	1	2
<i>Brachymyrmex admotus</i> Mayr, 1887	Comum	-	X	X	15	452
<i>Brachymyrmex cordemoyi</i> Forel, 1895	Comum	-	X	X	6	178
<i>Brachymyrmex feitosai</i> Ortiz & Fernández, 2014	Rara	-	-	X	3	11
<i>Brachymyrmex heeri</i> Forel, 1874	Comum	-	X	X	13	299
<i>Brachymyrmex micromegas</i> Santschi, 1923	Rara	VU	-	X	2	5
<i>Brachymyrmex patagonicus</i> Mayr, 1868	Comum	-	X	X	2	6
<i>Camponotus</i> ( <i>Tanaemyrmex</i> ) sp.	Rara	-	-	X	1	1
<i>Camponotus alboannulatus</i> Mayr, 1887	Comum	-	X	X	2	22
<i>Camponotus atriceps</i> (Smith, 1858)	Comum	-	X	X	2	10
<i>Camponotus blandus</i> (Smith, 1858)	Comum	-	X	X	4	11
<i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1862	Comum	-	X	X	8	33
<i>Camponotus hedwigae</i> Forel, 1912	Comum	-	X	X	7	72
<i>Camponotus lespesii</i> Forel, 1886	Comum	-	X	X	3	29

Apêndice.

(Continua)

Espécies/Morfoespécies	Status	Grau de ameaça*	Registro			
			Área urbana	Área de floresta	Número de trabalhos	Ocorrência total
<i>Camponotus novogranadensis</i> Mayr, 1870	Comum	-	X	X	7	39
<i>Camponotus rufipes</i> (Fabricius, 1775)	Comum	-	X	X	10	231
<i>Camponotus scissus</i> Mayr, 1887	Rara	-	X	X	1	1
<i>Camponotus senex</i> (Smith, 1858)	Comum	SD	X	X	2	17
<i>Camponotus sericeiventris</i> (Guérin-Méneville, 1838)	Comum	-	X	X	5	20
<i>Camponotus</i> sp.5	Comum	-	X	X	13	170
<i>Camponotus</i> sp.12	Comum	-	X	X	5	17
<i>Camponotus</i> sp.14	Comum	-	X	-	1	3
<i>Camponotus</i> sp.16	Comum	-	X	-	1	3
<i>Camponotus</i> sp.18	Comum	-	X	-	2	13
<i>Camponotus</i> sp.19	Rara	-	X	-	1	1
<i>Camponotus</i> sp.20	Comum	-	X	X	2	2
<i>Cardiocondyla wroughtonii</i> (Forel, 1890)	Comum	-	X	X	4	4
<i>Carebara</i> gr. <i>escherichi</i>	Rara	-	-	X	SD	SD
<i>Carebara</i> sp.1	Comum	-	-	X	6	97
<i>Cephalotes angustus</i> (Mayr, 1862)	Comum	-	X	X	3	8
<i>Cephalotes atratus</i> (Linnaeus, 1758)	Comum	-	X	X	1	2
<i>Cephalotes pusillus</i> (Klug, 1824)	Comum	-	X	X	5	26
<i>Crematogaster arata</i> Emery, 1906	Comum	-	X	X	6	33
<i>Crematogaster chodati</i> Forel, 1921	Comum	-	X	X	7	39
<i>Crematogaster corticola</i> Mayr, 1887	Comum	-	-	X	4	7
<i>Crematogaster curvispinosa</i> Mayr, 1862	Comum	-	X	X	2	9
<i>Crematogaster rochai</i> Forel, 1903	Comum	-	X	X	4	25
<i>Crematogaster</i> sp.1	Comum	-	X	X	12	124
<i>Crematogaster</i> sp.5	Comum	-	X	X	5	6
<i>Crematogaster</i> sp. 7	Comum	-	X	X	6	35
<i>Crematogaster</i> sp.8	Comum	-	X	X	2	4
<i>Crematogaster</i> sp.18	Comum	-	-	X	1	12
<i>Crematogaster</i> sp. 20	Comum	-	-	X	1	2
<i>Cylindromyrmex brasiliensis</i> Emery, 1901	Rara	-	-	X	1	1
<i>Cyphomyrmex major</i> Forel, 1901	Comum	-	-	X	1	9
<i>Cyphomyrmex rimosus</i> (Spinola, 1851)	Comum	-	X	X	12	358
<i>Cyphomyrmex transversus</i> Emery, 1894	Comum	-	X	X	2	2
<i>Discothyrea neotropica</i> Bruch, 1919	Rara	-	-	X	2	8



Apêndice.

(Continua)

Espécies/Morfoespécies	Status	Grau de ameaça*	Registro			
			Área urbana	Área de floresta	Número de trabalhos	Ocorrência total
<i>Discothyrea sexarticulata</i> Borgmeier, 1954	Rara	-	-	X	6	42
<i>Dolichoderus attelaboides</i> (Fabricius, 1775)	Comum	-	-	X	SD	SD
<i>Dolichoderus luederwaldti</i> Santschi, 1921	Rara	-	-	X	1	2
<i>Dolichoderus</i> sp.1	Comum	-	-	X	1	1
<i>Dorymyrmex brunneus</i> Forel, 1908	Comum	-	X	X	4	63
<i>Eciton burchellii</i> (Westwood, 1842)	Comum	-	-	X	2	10
<i>Eciton quadriglume</i> (Haliday, 1836)	Comum	-	-	X	3	4
<i>Ectatomma brunneum</i> Smith, 1858	Comum	-	X	X	1	8
<i>Ectatomma edentatum</i> Roger, 1863	Comum	-	X	X	5	54
<i>Ectatomma opaciventre</i> (Roger, 1861)	Comum	-	X	-	1	19
<i>Ectatomma tuberculatum</i> (Olivier, 1792)	Comum	-	X	X	1	2
<i>Eurhopalothrix bruchi</i> (Santschi, 1922)	Rara	-	-	-	SD	SD
<i>Fulakora armigera</i> (Mayr, 1887)	Comum	-	-	X	2	10
<i>Fulakora elongata</i> (Santschi, 1912)	Comum	-	-	X	2	7
<i>Gnamptogenys continua</i> (Mayr, 1887)	Comum	-	X	X	4	24
<i>Gnamptogenys minuta</i> (Emery, 1896)	Comum	-	-	X	2	2
<i>Gnamptogenys reichenspergeri</i> (Santschi, 1929)	Comum	-	-	X	2	6
<i>Gnamptogenys striatula</i> Mayr, 1884	Comum	-	X	X	16	604
<i>Gnamptogenys sulcata</i> (Smith, 1858)	Comum	-	X	X	1	3
<i>Heteroponera dentinodis</i> (Mayr, 1887)	Comum	-	X	X	11	63
<i>Heteroponera dolo</i> (Roger, 1860)	Comum	-	X	X	6	10
<i>Heteroponera mayri</i> Kempf, 1962	Comum	-	-	X	7	136
<i>Hylomyrma balzani</i> (Emery, 1894)	Comum	-	-	X	5	79
<i>Hylomyrma reitteri</i> (Mayr, 1887)	Comum	-	-	X	7	227
<i>Hypoponera foreli</i> (Mayr, 1887)	Comum	SD	-	X	8	110
<i>Hypoponera</i> sp.1	Comum	-	-	X	9	379
<i>Hypoponera</i> sp.3	Comum	-	-	X	5	40
<i>Hypoponera</i> sp.4	Comum	-	-	X	13	495
<i>Hypoponera</i> sp.5	Comum	-	-	X	4	19
<i>Hypoponera</i> sp.6	Comum	-	-	X	6	73
<i>Hypoponera</i> sp.7	Comum	-	-	X	7	71
<i>Hypoponera</i> sp.9	Comum	-	-	X	6	89
<i>Hypoponera</i> sp.10	Comum	-	-	X	5	12
<i>Hypoponera</i> sp.11	Comum	-	-	X	6	34
<i>Hypoponera</i> sp.12	Comum	-	-	X	7	41



Apêndice.

(Continua)

Espécies/Morfoespécies	Status	Grau de ameaça*	Registro			
			Área urbana	Área de floresta	Número de trabalhos	Ocorrência total
<i>Hypoponera</i> sp.14	Comum	-	-	X	2	2
<i>Hypoponera</i> sp.15	Comum	-	-	X	1	2
<i>Hypoponera</i> sp.16	Rara	-	-	X	1	1
<i>Hypoponera</i> sp.18	Rara	-	-	X	1	3
<i>Labidus coecus</i> (Latreille, 1802)	Comum	-	-	X	8	54
<i>Labidus mars</i> (Forel, 1912)	Comum	SD	-	X	2	3
<i>Labidus praedator</i> (Smith, 1858)	Comum	-	-	X	10	55
<i>Lachnomyrmex plaumanni</i> Borgmeier, 1957	Comum	-	-	X	4	58
<i>Lachnomyrmex victori</i> Feitosa & Brandão, 2008	Comum	-	-	X	3	11
<i>Linepithema iniquum</i> (Mayr, 1870)	Comum	-	-	X	9	70
<i>Linepithema leucomelas</i> (Emery, 1894)	Comum	-	-	X	9	35
<i>Linepithema micans</i> (Forel, 1908)	Comum	-	X	X	5	27
<i>Linepithema neotropicum</i> Wild, 2007	Comum	-	X	X	11	503
<i>Megalomyrmex goeldii</i> Forel, 1912	Comum	-	X	X	3	39
<i>Megalomyrmex iheringi</i> Forel, 1911	Comum	-	-	X	5	43
<i>Megalomyrmex myops</i> Santschi, 1925	Comum	SD	-	X	2	10
<i>Megalomyrmex pusillus</i> Forel, 1912	Comum	-	-	X	1	3
<i>Megalomyrmex</i> sp.4	Comum	-	X	X	1	5
<i>Monomorium floricola</i> (Jerdon, 1851)	Comum	-	X	X	2	3
<i>Monomorium pharaonis</i> (Linnaeus, 1758)	Comum	-	-	X	2	2
<i>Mycetarotes parallelus</i> (Emery, 1906)	Comum	-	X	X	3	6
<i>Mycetarotes senticosus</i> Kempf, 1960	Comum	-	-	X	2	5
<i>Mycetophylax auritus</i> (Mayr, 1887)	Rara	-	X	X	1	1
<i>Mycetophylax lectus</i> (Forel, 1911)	Comum	-	-	X	SD	SD
<i>Mycetophylax strigatus</i> (Mayr, 1887)	Comum	-	-	X	3	11
<i>Myrmelachista arthuri</i> Forel, 1903	Comum	-	X	X	5	130
<i>Myrmelachista catharinae</i> Mayr, 1887	Comum	-	X	X	13	145
<i>Myrmelachista gallicola</i> Mayr, 1887	Comum	-	-	X	1	8
<i>Myrmelachista nodigera</i> Mayr, 1887	Comum	-	X	X	5	34
<i>Myrmelachista reticulata</i> Borgmeier, 1928	Comum	-	-	X	2	2
<i>Myrmelachista ruzskyi</i> Forel, 1903	Comum	-	X	X	8	148
<i>Myrmelachista</i> sp.4	Comum	-	X	X	3	10
<i>Myrmelachista</i> sp.7	Comum	-	X	X	2	14
<i>Myrmicocrypta</i> sp.1	Comum	-	-	X	2	10
<i>Neivamyrmex pilosus</i> (Smith, 1858)	Rara	-	-	X	1	1



Apêndice.

(Continua)

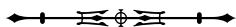
Espécies/Morfoespécies	Status	Grau de ameaça*	Registro			
			Área urbana	Área de floresta	Número de trabalhos	Ocorrência total
<i>Neivamyrmex pseudops</i> (Forel, 1909)	Rara	-	X	-	SD	SD
<i>Neocerapachys splendens</i> (Borgmeier, 1957)	Comum	-	-	X	3	5
<i>Neoponera bucki</i> (Borgmeier, 1927)	Rara	-	-	X	1	1
<i>Neoponera crenata</i> (Roger, 1861)	Comum	-	X	X	7	28
<i>Neoponera marginata</i> (Roger, 1861)	Rara	-	-	X	1	1
<i>Nesomyrmex echinatinodis</i> (Forel, 1886)	Comum	-	X	X	3	9
<i>Nomamyrmex esenbeckii</i> (Westwood, 1842)	Rara	-	-	X	1	1
<i>Nylanderia</i> sp.1	Comum	-	X	X	13	545
<i>Octostruma rugifera</i> (Mayr, 1887)	Comum	-	X	X	6	163
<i>Octostruma stenognatha</i> Brown & Kempf, 1960	Comum	-	-	X	5	198
<i>Odontomachus affinis</i> Guérin-Ménéville, 1844	Comum	-	X	X	8	66
<i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille, 1802)	Comum	-	X	X	7	85
<i>Odontomachus meinerti</i> Forel, 1905	Comum	-	X	X	7	47
<i>Oxyepoecus myops</i> Albuquerque & Brandão, 2009	Comum	-	X	X	9	153
<i>Oxyepoecus rastratus</i> (Mayr, 1887)	Comum	-	-	X	6	13
<i>Oxyepoecus vezenyii</i> (Forel, 1907)	Comum	-	-	X	3	6
<i>Pachycondyla harpax</i> (Fabricius, 1804)	Comum	-	X	X	5	32
<i>Pachycondyla lenis</i> Kempf, 1961	Comum	-	X	X	3	4
<i>Pachycondyla striata</i> Smith, 1858	Comum	-	X	X	10	330
<i>Paratrechina longicornis</i> (Latreille, 1802)	Comum	-	X	X	4	46
<i>Pheidole aberrans</i> Mayr, 1868	Comum	-	X	X	6	71
<i>Pheidole alpinensis</i> Forel, 1912	Comum	-	X	X	13	132
<i>Pheidole</i> cf. <i>dione</i>	Comum	-	X	X	10	32
<i>Pheidole gertrudae</i> Forel, 1886	Comum	-	X	X	8	131
<i>Pheidole flavens</i> Roger, 1863	Comum	-	X	X	14	183
<i>Pheidole megacephala</i> (Fabricius, 1793)	Comum	-	X	X	5	29
<i>Pheidole obscurithorax</i> Naves, 1985	Comum	-	X	X	6	44
<i>Pheidole oxyops</i> Forel, 1908	Comum	-	X	X	4	13
<i>Pheidole</i> pr. <i>synarmata</i>	Comum	-	X	X	6	123
<i>Pheidole radoszkowskii</i> Mayr, 1884	Comum	-	X	X	5	89
<i>Pheidole sarcina</i> Forel, 1912	Comum	-	X	X	14	429
<i>Pheidole sigillata</i> Wilson, 2003	Comum	-	X	X	12	300
<i>Pheidole sospes</i> Forel, 1908	Comum	-	X	X	15	784
<i>Pheidole</i> sp.5	Comum	-	X	X	5	73



Apêndice.

(Continua)

Espécies/Morfoespécies	<i>Status</i>	Grau de ameaça*	Registro			
			Área urbana	Área de floresta	Número de trabalhos	Ocorrência total
<i>Pheidole</i> sp.8	Comum	-	X	X	5	5
<i>Pheidole</i> sp.10	Comum	-	X	X	6	12
<i>Pheidole</i> sp.12	Comum	-	-	X	6	46
<i>Pheidole</i> sp.15	Comum	-	X	X	6	92
<i>Pheidole</i> sp.16	Comum	-	X	X	8	125
<i>Pheidole</i> sp.17	Comum	-	X	X	7	49
<i>Pheidole</i> sp.20	Comum	-	X	X	7	49
<i>Pheidole</i> sp.21	Comum	-	X	X	6	81
<i>Pheidole</i> sp.23	Comum	-	X	X	8	43
<i>Pheidole</i> sp.24	Comum	-	X	X	9	46
<i>Pheidole</i> sp.25	Comum	-	-	X	4	11
<i>Pheidole</i> sp.26	Comum	-	X	X	8	39
<i>Pheidole</i> sp.29	Comum	-	X	X	5	13
<i>Pheidole</i> sp.30	Comum	-	X	X	6	192
<i>Pheidole</i> sp.32	Comum	-	-	X	2	12
<i>Pheidole</i> sp.34	Comum	-	-	X	5	12
<i>Pheidole</i> sp.36	Comum	-	X	X	8	80
<i>Pheidole</i> sp.37	Comum	-	X	X	4	15
<i>Pheidole</i> sp.38	Comum	-	X	X	6	60
<i>Pheidole</i> sp.40	Comum	-	X	X	2	4
<i>Pheidole</i> sp.42	Comum	-	X	-	1	1
<i>Pheidole</i> sp.43	Comum	-	X	X	7	51
<i>Pheidole</i> sp.44	Comum	-	X	X	5	37
<i>Pheidole</i> sp.46	Comum	-	X	-	1	1
<i>Pheidole</i> sp.51	Comum	-	-	X	2	9
<i>Pheidole</i> sp.53	Comum	-	-	X	2	2
<i>Pheidole subarmata</i> Mayr, 1884	Comum	-	X	X	7	207
<i>Pheidole triconstricta</i> Forel, 1886	Comum	-	X	X	6	14
<i>Pheidole</i> gr. <i>tristis</i>	Comum	-	-	-	1	2
<i>Pogonomyrmex naegelii</i> Emery, 1878	Comum	-	X	X	2	9
<i>Prionopelta punctulata</i> Mayr, 1866	Comum	-	X	X	4	25
<i>Procryptocerus adlerzi</i> (Mayr, 1887)	Comum	-	X	X	9	30
<i>Procryptocerus hylaeus</i> Kempf, 1951	Comum	-	X	X	3	10
<i>Procryptocerus</i> sp.2	Comum	-	X	X	5	48
<i>Pseudomyrmex fiebrigi</i> (Forel, 1908)	Comum	-	X	-	SD	SD





Apêndice.

(Continua)

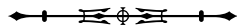
Espécies/Morfoespécies	Status	Grau de ameaça*	Registro			
			Área urbana	Área de floresta	Número de trabalhos	Ocorrência total
<i>Pseudomyrmex</i> gr. <i>pallidus</i>	Comum	-	-	X	2	8
<i>Pseudomyrmex gracilis</i> (Fabricius, 1804)	Comum	-	X	X	11	38
<i>Pseudomyrmex pallidus</i> (Smith, 1855)	Comum	-	X	X	4	12
<i>Pseudomyrmex phyllophilus</i> (Smith, 1858)	Comum	-	X	X	6	49
<i>Pseudomyrmex schuppi</i> (Forel, 1901)	Comum	-	X	X	4	10
<i>Pseudomyrmex</i> sp.3	Comum	-	X	X	3	9
<i>Pseudomyrmex termitarius</i> (Smith, 1855)	Comum	-	X	-	1	1
<i>Rasopone ferruginea</i> (Smith, 1858)	Comum	-	-	X	1	4
<i>Solenopsis geminata</i> (Fabricius, 1804)	Comum	-	X	X	1	1
<i>Solenopsis invicta</i> Buren, 1972	Comum	-	X	X	1	57
<i>Solenopsis saevissima</i> (Smith, 1855)	Comum	-	X	X	12	682
<i>Solenopsis</i> sp.2	Comum	-	-	X	12	830
<i>Solenopsis</i> sp.3	Comum	-	-	X	14	504
<i>Solenopsis</i> sp.4	Comum	-	-	X	11	403
<i>Solenopsis</i> sp.5	Comum	-	-	X	9	28
<i>Solenopsis</i> sp.8	Comum	-	-	X	4	63
<i>Strumigenys tanymastax</i> (Brown, 1964)	Comum	-	-	X	1	10
<i>Strumigenys appretiata</i> (Borgmeier, 1954)	Comum	-	-	X	4	12
<i>Strumigenys crassicornis</i> Mayr, 1887	Comum	-	X	X	10	224
<i>Strumigenys cosmostela</i> Kempf, 1975	Comum	-	-	X	4	29
<i>Strumigenys denticulata</i> Mayr, 1887	Comum	-	X	X	9	519
<i>Strumigenys eggersi</i> Emery, 1890	Comum	-	-	X	2	7
<i>Strumigenys elongata</i> Roger, 1863	Comum	-	-	X	4	41
<i>Strumigenys epelys</i> Bolton, 2000	Comum	-	-	X	1	2
<i>Strumigenys louisianae</i> Roger, 1863	Comum	-	X	X	5	43
<i>Strumigenys reticeps</i> (Kempf, 1969)	Comum	-	-	X	2	5
<i>Strumigenys saliens</i> Mayr, 1887	Comum	-	-	X	3	16
<i>Strumigenys sanctipauli</i> Kempf, 1958	Comum	-	-	X	3	25
<i>Strumigenys schmalzi</i> Emery, 1906	Comum	-	X	X	5	39
<i>Strumigenys splendens</i> (Borgmeier, 1954)	Comum	-	-	X	1	1
<i>Tetramorium bicarinatum</i> (Nylander, 1846)	Comum	-	X	-	SD	SD
<i>Tetramorium simillimum</i> (Smith, 1851)	Comum	-	X	-	1	3
<i>Trachymyrmex</i> sp.4	Comum	-	-	X	2	7
<i>Mycetomoellerius urichii</i> (Forel, 1893)	Rara	-	-	X	1	1
<i>Typhlomyrmex major</i> Santschi, 1923	Comum	-	-	X	2	6



Apêndice.

(Conclusão)

Espécies/Morfoespécies	Status	Grau de ameaça*	Registro			
			Área urbana	Área de floresta	Número de trabalhos	Ocorrência total
<i>Typhlomyrmex rogenhoferi</i> Mayr, 1862	Comum	-	X	X	2	6
<i>Wasmannia affinis</i> Santschi, 1929	Comum	-	X	X	8	404
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)	Comum	-	X	X	6	58
<i>Wasmannia sigmoidea</i> (Mayr, 1884)	Comum	-	-	X	2	12
<i>Wasmannia</i> sp.2	Comum	-	X	X	2**	1



## Elena Diehl (1949-2018): uma cientista pioneira na mirmecologia do Rio Grande do Sul, Brasil

### Elena Diehl (1949-2018): a pioneering woman scientist in the field of myrmecology in Rio Grande do Sul, Brazil

Emília Zoppas de Albuquerque<sup>I, II, VI</sup>  | Daniela Faria Florencio<sup>III, VI</sup>  | Luciane Kern Junqueira<sup>IV, VI</sup>  |  
Fabiana Haubert<sup>V, VI</sup>  | Franciele Sacchett<sup>VI</sup>  | Marcia Eloisa da Silva<sup>VI</sup> 

<sup>I</sup>Arizona State University. School of Life Sciences. Tempe, Arizona, USA

<sup>II</sup>Smithsonian Institution. National Museum of Natural History. Washington, DC, USA

<sup>III</sup>Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação. Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil

<sup>IV</sup>Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Centro de Ciências da Vida. Faculdade de Ciências Biológicas. Campinas, São Paulo, Brasil

<sup>V</sup>Centro Municipal de Estudos Ambientais de Saporanga. Saporanga, Rio Grande do Sul, Brasil

<sup>VI</sup>Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Laboratório de Genética de Insetos Sociais. São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil

**Resumo:** A mirmecóloga brasileira Elena Diehl (1949-2018) desenvolveu sua carreira científica na Universidade do Vale do Rio dos Sinos, ao longo de 36 anos. Formada em História Natural, em 1970, pela mesma instituição, consagrou sua carreira acadêmica aprofundando questões sobre genética, comportamento, controle biológico, história natural e diversidade de formigas e térmitas do Rio Grande do Sul. Um dos marcos de sua obra foi o livro intitulado "Formigas: organização social e ecologia comportamental", publicado em 1995. A pesquisadora participou ativamente da consolidação do curso de graduação em Ciências Biológicas e da formação do Programa de Pós-Graduação em Biologia, foi editora-chefe do periódico *Acta Biologica Leopoldensia* e participou da formação de 64 estudantes de graduação e mestrado. Como chefe do Laboratório de Genética de Insetos Sociais, publicou 80 artigos científicos, um livro e 15 capítulos de livros. Até hoje, a história da mirmecologia do Rio Grande do Sul se confunde com a própria história da pesquisadora. Elena Diehl foi uma cientista pioneira de sua geração, um exemplo da atuação feminina bem-sucedida no campo da mirmecologia no Rio Grande do Sul e no Brasil e uma das poucas mulheres a chefiar um laboratório de pesquisa, na segunda metade do século XX.

**Palavras-chave:** Mulheres na ciência. História natural. Formicidae. Genética. Formigas cortadeiras. Cupins.

**Abstract:** The Brazilian myrmecologist Elena Diehl (1949-2018) earned a degree in Natural History in the 1970s from Universidade do Vale do Rio dos Sinos, where her scientific career flourished for 36 years. During her career she deepened our understanding of genetics, behavior, biological control, natural history, and diversity of ants and termites in Rio Grande do Sul. One of the highlights of her work was the book "*Formigas: organização social e ecologia comportamental*" [Ants: social organization and behavioral ecology], published in 1995. She was actively involved in strengthening the undergraduate program in Biological Sciences and creating the postgraduate program in Biology, training and mentoring 64 undergraduate and master's students, and was editor-in-chief of the journal *Acta Biologica Leopoldensia*. As head of the Social Insect Genetics Lab, she published 80 articles, one book, and 15 book chapters. To date, the history of myrmecology in Rio Grande do Sul cannot be separated from the history of this researcher. Elena Diehl was a pioneering scientist of her generation, an example of successful female achievement in myrmecology in Rio Grande do Sul and Brazil, and one of the few women to lead a research laboratory in the second half of the 20th century.

**Keywords:** Woman in science. Natural history. Formicidae. Genetics. Leaf-cutting ants. Termites.

---

ALBUQUERQUE, E. Z., D. F. FLORENCIO, L. K. JUNQUEIRA, F. HAUBERT, F. SACCHETT & M. E. SILVA, 2020. Elena Diehl (1949-2018): uma cientista pioneira na mirmecologia do Rio Grande do Sul, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 15(1): 337-356. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturalis.v15i1.252>.

Autora para correspondência: Emília Zoppas de Albuquerque. Smithsonian Institution, Natural History Bldg. CE518, 1000 Constitution Ave NW, Washington DC, 20560-0188 ([albuquerque@si.edu](mailto:albuquerque@si.edu)).

Recebido em 24/12/2019

Aprovado em 23/03/2020

Responsabilidade editorial: Livia Pires do Prado



## FORMAÇÃO

Elena Maria de Oliveira Diehl, mais conhecida como Elena Diehl ou Elena Diehl-Fleig (nome de casada), nasceu em 26 de setembro de 1949, na cidade de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, Brasil. Ela pôde usufruir de uma infância privilegiada e, desde cedo, foi incentivada pelos seus pais a estudar. Diferentemente de outras crianças, cursou as primeiras séries em casa, com o auxílio de professores particulares, e, depois, concluiu o ensino primário e secundário no Colégio São José, em São Leopoldo.

Em 1967, ingressou no curso de História Natural, que na época fazia parte do Instituto Anchietano de Pesquisas de São Leopoldo (Faculdade Jesuíticas), o qual, em 1969, deu origem à Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). Naquela época, o curso possuía um sólido núcleo em Biologia, com professores doutores como: Josef Hauser (zoólogo – fundador do Instituto de Pesquisas de Planárias), João Oscar Nedel (zoólogo e botânico – especialista em abelhas e primeiro reitor da UNISINOS), Aloísio Sehnem (botânico – especialista em sistemática de briófitas e pteridófitas), Pedro Ernesto Haeser (zoólogo – especialista em fisiologia, com ênfase em minhocas) e Clemente José Steffen (botânico – especialista em fisiologia e ecologia, com ênfase em plantas medicinais).

Elena graduou-se em 1970, e, no ano seguinte, começou o seu mestrado em Genética, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), realizando um estudo comparativo da mutabilidade induzida em linhagens radorresistentes de *Drosophila melanogaster* (Meigen, 1830) (Diptera: Drosophilidae), sob orientação do Dr. Edmundo Kanan Marques, concluído em 1974. Em 1990, iniciou o seu doutorado, também no curso de Genética da UFRGS, sob orientação do Dr. Aldo Mellender de Araújo realizando um estudo sobre a “Estrutura genética e social de *Acromyrmex heyeri* (Forel, 1899) e *Acromyrmex striatus* (Roger, 1893)”.

## INÍCIO DAS ATIVIDADES PROFISSIONAIS

Em 1972, em meio às atividades do mestrado, iniciou sua carreira profissional com ênfase na docência no

ensino superior na UNISINOS, como professora titular, com dedicação exclusiva. Durante esse período, ministrou disciplinas de Genética Básica, Genética Molecular e Evolução, Genética Humana, Genética do Comportamento, Etologia, Citogenética e Biologia Geral, nos cursos de Enfermagem, Psicologia e Ciências Biológicas. No período de 1982 a 2008, Elena foi a pesquisadora responsável pelo Laboratório de Genética de Insetos Sociais.

De 1984 em diante, a pesquisadora foi chefe de departamento, coordenadora de curso e coordenadora executiva do curso de Ciências Biológicas, dividindo seu tempo com as atividades profissionais e a maternidade. Naquela época, Elena já era mãe de três filhos: Gabriel, Eduardo e Rafaela. Os três sempre foram muito envolvidos com a paixão da mãe pelas formigas e pelas atividades de seu trabalho. Eles costumavam passar parte de suas férias em um *trailer* na praia de Itapeva, em Torres, Rio Grande do Sul, coletando formigas. Essa atividade possivelmente influenciou Eduardo a seguir carreira na área da mirmecologia como a mãe. Podemos constatar, a partir de 1997, alguns artigos, como resultado dessa parceria (Diehl-Fleig & Diehl-Fleig, 1997; Diehl-Fleig & Diehl, 2007, 2018).

Elena também foi editora-chefe da revista *Acta Biologica Leopoldensia* (1990-2006) e uma das responsáveis pela idealização e criação do Programa de Pós-Graduação em Biologia: Diversidade e Manejo da Vida Silvestre, em 2000.

## AS ATIVIDADES DE PESQUISA CONSOLIDANDO SEU TALENTO E PIONEIRISMO

Em 1982, Elena iniciou as atividades do Laboratório de Genética de Insetos Sociais da UNISINOS, sendo uma das primeiras mulheres a chefiar um laboratório de pesquisas na segunda metade do século XX, uma atividade que até então era realizada quase que exclusivamente por homens. Quando iniciou a implantação de sua pesquisa

na UNISINOS, enfrentou uma grande resistência, pois naquela época, apenas homens faziam pesquisas na instituição. Entre os professores, era comum lecionar e pesquisar, enquanto entre as professoras, apenas lecionar. Porém, com muita coragem e persistência, ela superou os obstáculos e conquistou o seu espaço e o seu laboratório.

No ano seguinte, em 1983, a equipe do laboratório iniciou uma linha de pesquisa pioneira no Brasil, com o objetivo de isolar e testar linhagens de fungos entomopatogênicos, principalmente de *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill (1912) e *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin (1883), para controle biológico de formigas cortadeiras. Pesquisadores de outras instituições, em menos de três anos, também iniciaram trabalhos com o mesmo objetivo. Com o aumento dos trabalhos no mesmo tema, prontamente a pesquisadora percebeu que as pesquisas só prosperariam se fossem priorizados estudos sobre a bioecologia das formigas cortadeiras.

Como no Rio Grande do Sul o problema principal não era a saúva (formiga do gênero *Atta* Fabricius, 1804), mas sim as espécies de formigas cortadeiras do gênero *Acromyrmex* Mayr 1865, os trabalhos foram concentrados nesse gênero. Entre as pesquisas realizadas, destacam-se as análises sobre as reações comportamentais de espécies de *Acromyrmex* à presença de fungos entomopatogênicos e os testes visando à utilização de extratos vegetais para mascarar os patógenos.

Seguindo a linha de bioecologia de formigas cortadeiras, em 1990, Elena iniciou o seu doutorado sobre estrutura genética e social de formigas cortadeiras. Sua tese de doutorado serviu como base para a publicação do seu livro: "Formigas: organização social e ecologia comportamental" (Diehl-Fleig, 1995), pela editora da UNISINOS, em 1995.

Ainda em 1995, ela organizou e sediou a maior e mais importante reunião de mirmecólogos do Brasil, o XII Encontro de Mirmecologia, na UNISINOS. Nesse momento, ela colocou a mirmecologia do Rio Grande do Sul em evidência para todo o Brasil. Hoje em dia,

o Encontro de Mirmecologia continua ocorrendo, mas com o nome de Simpósio de Mirmecologia: *Ant International Ant Meeting*, estando na sua XXIV edição, com abrangência internacional.

Nesse mesmo período, ela já começava a expandir seus trabalhos além da genética e bioecologia de formigas cortadeiras, iniciando alguns trabalhos sobre biodiversidade de formigas e térmitas em diferentes localidades do Rio Grande do Sul. Entre os anos de 2000 e 2001, no seu pós-doutorado, Elena Diehl deixou de focar somente nas formigas e realizou sua pesquisa sobre térmitas na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, da Universidade de São Paulo (ESALQ-USP), sob supervisão do amigo e pesquisador, Evôneo Berti-Filho. Como consequência da expansão da linha de pesquisa, retirou o termo 'Genética' do nome do laboratório, passando a ser reconhecido apenas como Laboratório de Insetos Sociais da UNISINOS.

Ao longo da sua carreira, atuou em diversas linhas de pesquisa: i) controle biológico de formigas cortadeiras; genética ecológica e evolutiva de Formicidae; ii) biologia da reprodução e do desenvolvimento de Formicidae e Isoptera; iii) bioecologia de formigas cortadeiras; iv) interações formigas e plantas; interações formigas e térmitas; v) mirmecofauna e termitofauna do Rio Grande do Sul; vi) termitofauna de florestas comerciais; e vii) ecologia de populações e comunidades de formigas e cupins.

Manter as diversas linhas de pesquisa ativas dentro de um laboratório com o porte do Laboratório de Insetos Sociais não foi fácil e, em vários momentos, houve escassez de recursos, como toda a pesquisa no Brasil. O laboratório sempre foi sustentado por recursos externos que ela buscou junto às agências de fomento para pesquisa (Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande do Sul – FAPERGS e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq) e empresas privadas (como a empresa de celulose e papel Klabin-Riocell S.A, com a qual manteve um convênio por mais de dez anos), ficando o apoio da universidade restrito às instalações físicas

e às bolsas de iniciação científica. Muitas vezes, ela utilizava recursos próprios para comprar material de consumo ou até mesmo para realizar expedições de coleta.

Graças ao seu trabalho com insetos sociais, o Rio Grande do Sul é um dos poucos estados brasileiros que apresenta uma lista de espécies de formigas e cupins (Diehl *et al.*, 2014). Esse trabalho é fruto de uma compilação de todos os estudos de biodiversidade feitos pela pesquisadora com um adicional de revisão bibliográfica. O material-testemunho de todas as coletas e projetos de pesquisa realizados pela pesquisadora foi depositado na coleção de Formicidae e Isoptera mantida pelo Laboratório de Insetos Sociais da UNISINOS. Atualmente, encontra-se na coleção de Zoologia da UNISINOS, sob curadoria do Dr. Everton Nei Lopes Rodrigues.

## FORMAÇÃO DE NOVOS CIENTISTAS E DOCENTES

Elena sempre foi muito envolvida com a docência e com a formação de recursos humanos, não só pelas disciplinas que ministrava nos cursos de Psicologia, Enfermagem e Ciências Biológicas, mas também pela formação acadêmica de muitos pesquisadores e docentes que hoje ainda atuam na área das Ciências Biológicas e dos Insetos Sociais. Nos anos em que esteve na UNISINOS, orientou 64 alunos de graduação e mestrado, sendo: 42 Trabalhos de Conclusão de Curso; 41 bolsistas de Iniciação Científica, com bolsas de diferentes agências de fomento (UNISINOS, FAPERGS e CNPq); e 12 dissertações de mestrado (alguns com bolsa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES). Participou de 17 bancas de mestrado, doutorado e/ou qualificação de doutorado.

Algumas de suas alunas tornaram-se docentes na própria instituição como: Marcia Eloisa da Silva (atualmente no setor privado), Annette Droste (atualmente docente da Universidade Feevale), Maria Emília de Paula Lucchese, Raquel de Castilhos Fortes e Débora Gazzana Flores; outros se dispersaram para diferentes instituições de

ensino superior, pesquisa ou órgãos governamentais, como Crislaine A. Paludo (Associação Dr. Bartolomeu Tacchini), Luciane da Rocha (Universidade do Vale do Itajaí), Claudia P. Machado (Universidade de Caxias do Sul), Marta E. Valim-Labres (Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler), Alexandre Specht (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), Luciane K. Junqueira (Pontifícia Universidade Católica de Campinas), Júlio dos Santos Arrué (Faculdade IDEAU), Daniela F. Florencio (Universidade Federal Rural do Semi-Árido), Emilia Z. Albuquerque (Arizona State University/Smithsonian Institution), Fernando A. Schmidt (Universidade Federal do Acre) e Esther R. S. Pinheiro (Universidade Federal do Rio Grande do Sul); assim como outros continuaram na docência do ensino fundamental e médio: Cristina B. Colman, Senilda Fritsh, Fabiana Haubert, Ricardo C. Fonseca, Thais M. Hameister, Carlos E. D. Sanhudo, Andrezza Marchioretto, Isabel C. B. Taufer, Franciele Sacchett, Laura V. A. Menzel, Alexandra Vasilich, Márcia H. Bulsing e Aline B. Moraes.

Elena é lembrada por muitos de seus alunos pela grande exigência na realização dos trabalhos e pelas fichas de leitura que solicitava que lhe entregassem. Ela tinha por hábito avaliar essas fichas uma por uma, corrigindo aspectos relacionados ao conteúdo, à escrita científica e ao português. Da mesma forma que ela se dedicava ao trabalho, exigia qualidade e perfeccionismo dos seus alunos. Elena possuía algumas características marcantes, como um temperamento difícil, e também passou por um período de adição ao cigarro, em que acendia um cigarro atrás do outro (até quando lecionava). O curioso é que quando decidiu parar de fumar, o fez de uma forma categórica, o que ressalta sua determinação.

Apesar disso, é lembrada como uma mãe científica, pelo carinho e dedicação que dava a seus estudantes (estava sempre disponível para recebê-los e tirar dúvidas) e por incentivá-los a prosperar em suas carreiras. Em muitos casos, auxiliou seus alunos financeiramente, em troca de ajuda em atividades de pesquisa, como



atualização do currículo Lattes e organização do laboratório. Também hospedou pesquisadores e alunos em sua casa, para que eles pudessem continuar e se dedicar na carreira acadêmica. Sua casa era uma extensão do laboratório, recebendo frequentemente seus alunos para reuniões de trabalho, para receber e entregar correções de Trabalhos de Conclusão de Curso, dissertações e manuscritos em preparação, tudo isso sempre acompanhado de um bom café. Também eram frequentes as confraternizações de Páscoa, Natal e aniversário, em que todos se encontravam e celebravam.

### AS VIAGENS E OS ENCONTROS CIENTÍFICOS

Elena também conseguiu unir a paixão pelas formigas com sua paixão por viagens. Ela tinha como hábito participar dos principais congressos e simpósios nacionais como Encontro de Mirmecologia, Congresso de Entomologia, Congresso de Ecologia e Congresso de Genética. Com isso, viajou por praticamente todos os estados do Brasil, disseminando sua pesquisa, estabelecendo algumas parcerias e reencontrando os amigos. Também participava com frequência de reuniões internacionais da *International Union for the Study of Social Insect* (IUSI), o que a levou a conhecer países, como Austrália, França, Japão, Rússia e Venezuela. Suas atividades acadêmicas e aspirações pessoais a tornaram uma pessoa extremamente culta, entendia de artes, museus, música clássica, livros e cinema.

### SURPRESAS INESPERADAS

Em 2004, Elena foi diagnosticada com esclerose múltipla. Lutou bravamente e esse fato foi um grande desafio pessoal também para seus filhos e para seus amigos, que sabiam como a independência, a autonomia e o pensar eram importantes para ela. Por quatro anos, ela continuou conduzindo suas atividades de pesquisa e docência na universidade, superando as dificuldades que aos poucos a doença foi causando (perda temporária da visão, perda de memória, principalmente, recente, dificuldade de locomoção, dificuldades de fala, entre outros).

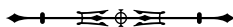
Em 2008, Elena foi surpreendida com o desligamento da UNISINOS, assim como muitos outros professores e funcionários. Mesmo afastada da universidade, por alguns anos ainda manteve suas pesquisas e orientações em casa. Durante esse período, escreveu e publicou dez artigos como primeira autora ou em colaboração com ex-orientados (Albuquerque & Diehl, 2009; Sacchett *et al.*, 2009; Menzel & Diehl, 2010; Pinheiro *et al.*, 2010; Junqueira & Diehl, 2014; Diehl *et al.*, 2014, 2017; Albuquerque *et al.*, 2017, 2018; Diehl-Fleig & Diehl, 2018). Sua ideia era finalizar e fazer uma obra sintetizando seus 36 anos de dedicação na pesquisa, antes de perder sua capacidade intelectual.

Nesse período, Elena praticamente não saía de casa e se mantinha ativa devido à sua grande motivação para enfrentar a doença, pelas visitas de um grupo seletivo de amigos e ex-alunas do Laboratório de Insetos Sociais e também pela preocupação em não deixar os filhos. Devido à perda da sua autonomia profissional e pessoal, esse foi um período muito difícil para ela, para as diversas cuidadoras que passaram pela casa, mas, principalmente, para os filhos que acompanhavam diariamente o avanço da doença.

Em agosto de 2016, em meio a tantas dificuldades, Elena teve que suportar mais uma grande perda. Seu filho do meio e parceiro de trabalho, Eduardo Diehl-Fleig, faleceu de forma súbita devido à depressão, deixando uma dor irreparável para ela, família, amigos e colegas de profissão. De 2016 a 2018, ela se dedicou a publicar e finalizar todos os trabalhos que tinha com Eduardo, com a ajuda de seus filhos, de suas cuidadoras e de alguns colegas. Em 16 de junho de 2018, em sua casa em São Leopoldo, Elena faleceu em decorrência de um ataque cardíaco.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este texto buscou fazer uma homenagem à Elena Diehl e contou aspectos de sua trajetória pessoal e profissional. Alguns registros fotográficos também narram certos episódios de sua vida, aqui sumarizada, apresentados nas Figuras 1 a 9.



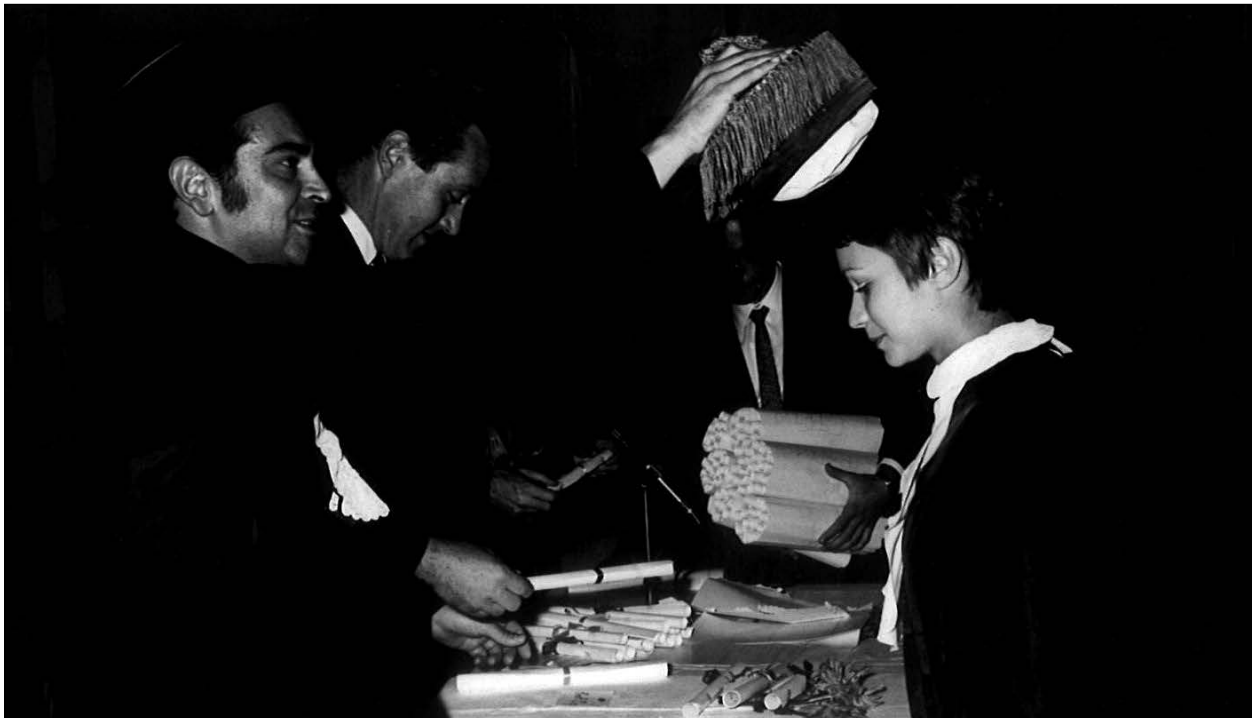


Figura 1. Formatura no curso de História Natural na Universidade do Vale do Rio dos Sinos, em 1970. Foto cedida por Rafaela Diehl Fleig e Gabriel Diehl Fleig.



Figura 2. Elena Diehl durante o mestrado em Genética na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, na década de 1970. Foto cedida por Rafaela Diehl Fleig e Gabriel Diehl Fleig.



Figura 3. Visita do professor Claudio Luis Messias, da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), especialista em Genética de Microorganismos na Universidade do Vale do Rio dos Sinos, na década de 1980. Da direita para a esquerda: Vânia M. Tonello Quadros, Marcia Eloisa da Silva, Vilmar Machado, Claudio Luis Messias, Elena Diehl e Mayra Regina Moleda Pacheco. Foto cedida por Marcia Eloisa da Silva.





Figura 4. Elena Diehl trabalhando no seu doutorado na sala de Eletroforese, no Laboratório de Genética de Insetos Sociais, na Universidade do Vale do Rio dos Sinos, na década de 1990. Foto cedida por Rafaela Diehl Fleig e Gabriel Diehl Fleig.



Figura 5. Elena Diehl com os seus alunos em uma das confraternizações realizadas em sua casa, em 1993. Da direita para a esquerda: Senilda Fritsh, Marta E. Valim-Labres, Maria Emília de Paula Lucchese, Alexandre Specht, Marcia Eloisa da Silva, Luciana Relly Bertolini, Elena Diehl e Cristina B. Colman. Foto cedida por Marcia Eloisa da Silva.





Figura 6. Palestra proferida por Elena Diehl no XV Simpósio de Mirmecologia, em Londrina, em 2001. Foto cedida por Rafaela Diehl Fleig e Gabriel Diehl Fleig.



Figura 7. Elena em sua residência em São Leopoldo com seus três filhos, Gabriel (ao fundo), Rafaela e Eduardo, e seu cachorro (Charles Darwin), no Natal de 2002. Foto cedida por Rafaela Diehl Fleig e Gabriel Diehl Fleig.



Figura 8. Elena Diehl e Marcia Eloisa em viagem ao Japão para o 14th Congresso Internacional da IUSSI, no Japão, em 2002. Foto cedida por Marcia Eloisa da Silva.





Figura 9. Confraternização de fim de ano do Laboratório de Insetos Sociais na casa de Elena, em 2004. Da direita para a esquerda: Luciane Kern Junqueira, Rafaela Diehl Fleig, Elena Diehl, Emilia Zoppas de Albuquerque e Daniela Faria Florencio. Foto cedida por Daniela Faria Florencio.

Elena Diehl, chefiando o Laboratório de Genética de Insetos Sociais, produziu cerca de 80 artigos científicos, publicou um livro, organizou outro livro e publicou 15 capítulos de livros. Deixou uma coleção de formigas e térmitas, patrimônio da UNISINOS, de suma importância para os pesquisadores de Insetos Sociais do Rio Grande do Sul e para a ciência brasileira. Até hoje, a história da mirmecologia do Rio Grande do Sul se confunde com a própria história da pesquisadora. Elena Diehl é um dos poucos exemplos da atuação feminina bem-sucedida no campo da mirmecologia do Rio Grande do Sul e do Brasil no século XX, que influencia e inspira as gerações atuais.

Foi cientista, mãe, esposa, professora, orientadora e amiga. Exigiu, inspirou, formou, compartilhou e cuidou. Foi forte, difícil, decidida e sensível. Fez e é parte das nossas vidas. Ela é um exemplo, como o de várias outras mulheres cientistas, de que é possível conciliar a maternidade com o trabalho de docência e pesquisa. Durante os seus 36 anos dedicados à academia, não só acompanhou o crescimento biológico e intelectual dos seus três filhos, como também adotou e acompanhou o crescimento pessoal e profissional de vários outros jovens, (alunos, estagiários, voluntários e bolsistas), que levam seus ensinamentos em suas caminhadas pessoais.

Assim, por que não finalizar com as palavras da própria Elena? Reproduzimos, aqui, parte do seu discurso de paraninfa da turma de Licenciatura em Ciências Biológicas, em 1995, no qual fala sobre despedida:

Tenho pensado sobre o que falar nesta importante data de todos vocês, mas que por extensão também me pertence. Poderia falar sobre os acontecimentos diários do mundo, do país, do nosso estado. Poderia falar sobre a crise da saúde, da agricultura, da educação. Poderia falar sobre os problemas ambientais, sobre a ciência ou, talvez, sobre a Biologia e o mercado de trabalho. No entanto, embora estes temas sejam importantes, neste exato momento, me parecem irrelevantes diante dos sentimentos que nos invadem. Assim sendo, optei pela despedida.

Gostaria de falar sobre o significado de ensinar. ENSINAR vem de IN + SIGNO, ou seja, colocar um sinal, introduzir uma marca. O fato de vocês terem me escolhido como paraninfa significa que consegui imprimir, em cada um de vocês, uma marca profunda e, espero, duradoura. Da mesma forma, o recíproco também ocorreu. Cada um de vocês deixa em mim o seu sinal, o seu ensinamento e por isto agradeço.

Durante minhas aulas, expliquei que o Fenótipo é o resultado da interação do Genótipo com o Ambiente, ou seja, um indivíduo é o que é, porque ele é uma resposta da sua bagagem genética à infinidade de ambientes em que viveu e em que vive. O que hoje eu sou, sem dúvida alguma se deve a esta interação, na qual incluo todas as pessoas que fazem parte e/ou um dia fizeram parte de meu ambiente.

Mas, neste momento, acho necessário falar sobre a importância dos sinais, em mim, colocados por alguns mestres especiais, pois parte do que sou devo a eles. Quando estava concluindo o então curso de História Natural, consegui sentir a importância daqueles que participaram da minha formação, senti a necessidade de retribuir, de sair para aperfeiçoar minha formação científica e voltar para criar algo mais e contribuir na formação de novos Biólogos.

E assim fiz. Agora, chegando ao final de minha contribuição a esta instituição, sinto que minha opção de vida não se perdeu no vazio: criei um espaço reconhecido pelo seu trabalho e contribuição científica. Neste local, por espaços de tempo variáveis, muitos de vocês estiveram, participaram, ajudaram a construir e construíram a si próprios. Consegui atingir meu objetivo maior: imprimir sinais.

Neste nosso último encontro, gostaria de pedir que vocês não deixem para trás os ideais, a vontade de vencer, o desejo de lutar por uma vida melhor neste planeta.

## AGRADECIMENTOS

À nossa rainha (forma carinhosa que atribuímos à Elena), agradecemos imensamente os sinais impressos, o carinho e a amizade ao longo desses anos. Seremos eternamente gratos por termos feito parte da tua colônia. Agradecemos à L.P. Prado, do Museu Paraense Emílio Goeldi, pelo convite e pelo incentivo para escrever este obituário que, certamente, foi um dos textos mais difíceis de escrever; à R. Diehl Fleig e ao G. Diehl Fleig, por autorizarem



sua publicação, por contribuírem com a escrita e com o compartilhamento de fotos; à C. Rorig, pela revisão textual; a M. V. A. Saul, pela leitura, críticas e comentários, que também contribuíram com a redação desse obituário. Aos revisores anônimos, pelos comentários e sugestões.

## LISTA DAS PUBLICAÇÕES

### ARTIGOS (REFERENCIADA COMO

#### E. DIEHL-FLEIG DE 1986 A 2001)

DIEHL-FLEIG, Ed. & E. DIEHL, 2018. Interações entre formigas atendentes, afídeos dos cítricos e joaninhas em plantas de *Citrus sinensis*. **Neotropical Biology and Conservation** 13(2): 161-170. DOI: <https://doi.org/10.4013/nbc.2018.132.08>.

ALBUQUERQUE, E. Z., Ed. DIEHL-FLEIG, E. DIEHL & A. J. MAYHÉ-NUNES, 2018. Sex investment ratios and natural history observations in a population of *Trachymyrmex holmgreni* (Formicidae) in southern Brazil. **Insectes Sociaux** 65(2): 297-303.

ALBUQUERQUE, E. Z., E. DIEHL & R. R. SILVA, 2017. Structure of ground-dwelling ant communities in burned and unburned areas in Brazilian subtropical grasslands. **Entomological Science** 20(1): 427-436. DOI: <https://doi.org/10.1111/ens.12270>.

DIEHL, E., Ed. DIEHL-FLEIG & E. Z. ALBUQUERQUE, 2017. Occurrence of Attini (Formicidae) in two geomorphological provinces of Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Agriculture** 92(1): 66-74. DOI: <https://doi.org/10.37856/bja.v92i1.3303>.

DIEHL, E., Ed. DIEHL-FLEIG, E. Z. ALBUQUERQUE & L. K. JUNQUEIRA, 2014. Richness of termites and ants in the state of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. **Sociobiology** 61(2): 145-154. DOI: <http://dx.doi.org/10.13102/sociobiology.v61i2.145-154>.

JUNQUEIRA, L. K. & E. DIEHL, 2014. The metapleural secretion of *Acromyrmex laticeps* (Forel) does not have fungicide effect on the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. **EntomoBrasilis** 7(3): 207-210. DOI: <http://doi.org/10.12741/ebrasilis.v7i3.449>.

PINHEIRO, E. R. S., L. S. DUARTE, E. DIEHL & S. M. HARTZ, 2010. Edge effects on epigeic ant assemblages in a grassland forest mosaic in Southern Brazil. **Acta Oecologica** 36(4): 365-371. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2010.03.004>.

MENZEL, L. V. A. & E. DIEHL, 2010. Soil choice for colony foundation by *Cornitermes fulviceps* (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae). **Sociobiology** 55(2): 471-488.

SACCHETT, F., M. BOTTON & E. DIEHL, 2009. Ant species associated with the dispersal of *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel in Wile) (Hemiptera: Margarodidae) in vineyards of Serra Gaúcha, Rio Grande do Sul. **Sociobiology** 54(3): 943-954.

ALBUQUERQUE, E. Z. & E. DIEHL, 2009. Análise faunística das formigas epígeas (Hymenoptera, Formicidae) em campo nativo no Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Entomologia** 53(3): 398-403. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0085-56262009000300014>.

DIEHL, E. & L. V. A. MENZEL, 2008. Reproductive strategies of *Cortaritermes fulviceps* (Silvestri) (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae) under laboratory conditions. **Sociobiology** 51(3): 719-731.

SCHMIDT, F. A. & E. DIEHL, 2008. What is the effect of soil use on ant communities? **Neotropical Entomology** 37(4): 381-388. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2008000400005>.

TAUFER, I. C. B., D. F. FLORENCIO & E. DIEHL, 2008. Differential predation soldiers and workers of *Cortaritermes fulviceps* (Termitidae: Nasutitermitinae) by ants (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology** 51(2): 523-537.

DIEHL-FLEIG, Ed. & E. DIEHL, 2007. Nest architecture and colony size of the fungus-growing ant *Mycetophylax simplex* Emery, 1888 (Formicidae, Attini). **Insectes Sociaux** 54(3): 242-247. DOI: <http://doi.org/10.1007/s00040-007-0936-7>.

DIEHL, E. & E. Z. ALBUQUERQUE, 2007. Representantes das quatro províncias geomorfológicas do Rio Grande do Sul na coleção de Formicidae do Laboratório de Insetos Sociais da UNISINOS. **O Biológico** 29(suplemento): 101-104.

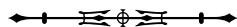
MARCHIORETTO, A. & E. DIEHL, 2006. Distribuição espaciotemporal de uma comunidade de formigas em um remanescente de floresta inundável às margens de um meandro antigo do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS. **Acta Biologica Leopoldensia** 28(1): 25-31.

JUNQUEIRA, L. K., E. BERTI FILHO, D. F. FLORENCIO & E. DIEHL, 2006. Efficiency of subterranean baits for termite sampling in eucalyptus forest. **Bioikos** 20(1): 3-7.

DIEHL, E., C. L. GÖTTERT & D. G. FLORES, 2006. Comunidades de formigas em três espécies utilizadas na arborização urbana em São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Bioikos** 20(1): 25-32.

FLORENCIO, D. F. & E. DIEHL, 2006. Termitofauna (Insecta, Isoptera) em remanescentes de floresta Estacional Semidecidual em São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia** 50(4): 505-511. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262006000400011>.

ALBUQUERQUE, E. Z., E. DIEHL & Ed. DIEHL-FLEIG, 2005. Density and distribution of nests of *Mycetophylax simplex* (Emery) (Hymenoptera, Formicidae) in areas with mobile dunes on the northern coast of Rio Grande do Sul, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia** 49(1): 123-126. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262005000100013>.





- DIEHL, E., L. K. JUNQUEIRA & E. BERTI FILHO, 2005. Ant and termite mound coinhabitants in the wetlands of Santo Antônio da Patrulha, Rio Grande do Sul, Brazil. **Brazilian Journal of Biology** 65(3): 431-437. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842005000300008>.
- DIEHL, E., F. SACCHETT & E. Z. ALBUQUERQUE, 2005. Riqueza de formigas de solo na praia da Pedreira, Parque Estadual de Itapuã, Viamão, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia** 49(4): 522-556. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262005000400016>.
- DIEHL, E., D. F. FLORENCIO, F. A. SCHMIDT & L. V. A. MENZEL, 2005. Riqueza e composição das comunidades de formigas e térmitas na Floresta Nacional de São Francisco de Paula (FLONA-SFP), RS. **Acta Biologica Leopoldensia** 27(2): 99-106.
- FONSECA, R. C. & E. DIEHL, 2005. Ocorrência de formigas do gênero *Acromyrmex* em florestas de eucalipto implantadas em ecossistema de restinga no Rio Grande do Sul. **Acta Biologica Leopoldensia** 27(3): 157-161.
- FONSECA, R. C. & E. DIEHL, 2004. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) epigéicas em povoamentos de *Eucalyptus* spp. (Myrtaceae) de diferentes idades no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia** 48(1): 95-100. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262004000100016>.
- DIEHL, E., C. E. D. SANHUDO & Ed. DIEHL-FLEIG, 2004. Ground-dwelling ant fauna of sites with high levels of copper. **Brazilian Journal of Biology** 64(1): 33-39. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842004000100005>.
- JUNQUEIRA, L. K., E. DIEHL, D. F. FLORENCIO & E. BERTI FILHO, 2004. Seasonal species richness of termite in an *Eucalyptus* plantation in Anhembi, State of São Paulo, Brazil. **Acta Biologica Leopoldensia** 26(2): 241-248.
- SACCHETT, F. & E. DIEHL, 2004. Comunidades de formigas de solo no morro da Grota, Parque Estadual de Itapuã, RS. **Acta Biologica Leopoldensia** 26(1): 79-92.
- PINTO, L. M. N., A. O. AZAMBUJA, E. DIEHL & L. M. FIUZA, 2003. Pathogenicity of *Bacillus thuringiensis* isolated from two species of *Acromyrmex* (Hymenoptera, Formicidae). **Brazilian Journal of Biology** 63(2): 301-306. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842003000200015>.
- DIEHL, E., 2003. Insetos: diversidade de papéis versus exploração humana. **Acta Biologica Leopoldensia** 25(1): 7-13.
- CASTRO, Z. S. C. & E. DIEHL, 2003. Gêneros de térmitas em ninhos epígeos no campus da UNISINOS, São Leopoldo, RS. **Acta Biologica Leopoldensia** 25(1): 93-102.
- HAMEISTER, T. M., Ed. DIEHL-FLEIG & E. DIEHL, 2003. Comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae) epígeas no morro de Itapeva, município de Torres, RS. **Acta Biologica Leopoldensia** 25(2): 187-195.
- CASTILHOS-FORTES, R., L. M. FIUZA, A. T. S. MATSUMURA & E. DIEHL, 2002. Patogenicidade de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* sobre *Nasutitermes ehrhardti* (Isoptera, Termitidae) em condições de laboratório. **Acta Biologica Leopoldensia** 24(1): 73-79.
- DIEHL, E., S. CAVALLI-MOLINA & A. M. ARAÚJO, 2002. Isoenzyme variation in the leaf-cutting ants *Acromyrmex heyeri* and *Acromyrmex strigatus* (Hymenoptera, Formicidae). **Genetics and Molecular Biology** 25(2): 173-178. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-47572002000200010>.
- CASTILHOS-FORTES, R., A. T. S. MATSUMURA, E. DIEHL & L. M. FIUZA, 2002. Susceptibility of *Nasutitermes ehrhardti* (Isoptera, Termitidae) to *Bacillus thuringiensis* subspecies. **Brazilian Journal of Microbiology** 33(3): 219-222. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-83822002000300006>.
- JUNQUEIRA, L. K., E. DIEHL & Ed. DIEHL-FLEIG, 2001. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) visitantes de *Ilex paraguariensis* (Aquifoliaceae). **Neotropical Entomology** 30(1): 161-164. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2001000100024>.
- DIEHL, E., A. M. ARAÚJO & S. CAVALLI-MOLINA, 2001. Genetic variability and social structure of colonies in *Acromyrmex heyeri* and *Acromyrmex striatus* (Hymenoptera: Formicidae). **Brazilian Journal of Biology** 61(4): 667-678. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842001000400017>.
- SANTOS, J. C. A. & E. DIEHL, 2001. Comunidades de formigas em *Acacia meansii* (Mimosaceae) e *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae). **Acta Biologica Leopoldensia** 23(2): 181-190.
- DIEHL, E. & L. K. JUNQUEIRA, 2001. Seasonal variations of metapleural secretion in the leaf-cutting ant *Atta sexdens piriventris* Santschi (Myrmicinae: Attini), and lack of fungicide effect on *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin. **Neotropical Entomology** 30(4): 517-522. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2001000400002>.
- DIEHL-FLEIG, E., Ed. DIEHL-FLEIG & C. E. D. SANHUDO, 2000. Mirmecofauna de solo nas dunas da Praia Grande e no Morro da Guarita no município de Torres, RS, Brasil. **Acta Biologica Leopoldensia** 22(1): 37-43.
- DIEHL-FLEIG, E., 2000. Sexual investment in the leaf-cutting ant *Acromyrmex heyeri* Forel (Hymenoptera, Formicidae). **Acta Biologica Leopoldensia** 22(2): 213-218.
- DIEHL-FLEIG, E. & F. M. SOUZA, 1999. Variabilidade isoenzimática e organização social de *Acromyrmex crassispinus* Forel e *Acromyrmex balzani* Emery (Hymenoptera, Formicidae). **Revista Brasileira de Entomologia** 43(1): 55-59.
- ROCHA, L. & E. DIEHL-FLEIG, 1999. Ocorrência de moscas parasitóides (Diptera: Phoridae) em *Atta sexdens piriventris* (Myrmicinae: Attini). **Acta Biologica Leopoldensia** 22(2): 213-219.



- DIEHL-FLEIG, E. & J. C. A. SANTOS, 1999. Interações entre formigas cortadeiras e fungos saprófitos em frutos de *Ilex paraguariensis* (Aquifoliaceae). **Naturalia** 24(n. esp.): 95-97.
- DIEHL-FLEIG, E., M. E. P. LUCCHESI, C. E. D. SANHUDO & Ed. DIEHL-FLEIG, 1999. Mirmecofauna de solo em áreas de mineração de cobre na Bacia do Camaquã, RS, Brasil. **Naturalia** 24(n. esp.): 99-101.
- SANHUDO, C. E. D. & E. DIEHL-FLEIG, 1999. Espécies de formigas cortadeiras e densidade de ninhos em áreas de reflorestamento. **Naturalia** 24(n. esp.): 123-124.
- LUCCHESI, M. E. P., E. DIEHL-FLEIG & C. A. DIAS, 1999. Caracterização morfológica e análise da variação das asas em *Acromyrmex ambiguus*, *Acromyrmex heyeri* e *Acromyrmex striatus* (Hymenoptera: Formicidae). **Naturalia** 24(n. esp.): 159-163.
- DIEHL-FLEIG, E., L. A. INDA, F. HAUBERT & F. M. SOUZA, 1999. Análise de polimorfismos enzimáticos nos estudos sobre a estrutura social de formigas cortadeiras. **Naturalia** 24(n. esp.): 207-214.
- DIEHL-FLEIG, E., 1998. Escolha de solo por fêmeas de *Acromyrmex striatus* (Roger) (Hymenoptera: Formicidae) para a construção de ninhos. **Neotropical Entomology** 27(1): 41-45.
- HAUBERT, F., E. DIEHL-FLEIG & A. J. MAYHÉ-NUNES, 1998. Mirmecofauna de solo do município de São Leopoldo, RS: levantamento preliminar. **Acta Biologica Leopoldensia** 20(1): 103-108.
- ROCHA, L. & E. DIEHL-FLEIG, 1998. Phoridae: a importância de uma família pouco conhecida. **Acta Biologica Leopoldensia** 20(2): 117-186.
- DIEHL-FLEIG, E., L. K. JUNQUEIRA & Ed. DIEHL-FLEIG, 1997. Ocorrência de ninfas mirmecomórficas da família Alydidae (Hemiptera) em *Ilex paraguariensis*. **Acta Biologica Leopoldensia** 19(1): 115-119.
- DIEHL-FLEIG, E. & Ed. DIEHL-FLEIG, 1997. Primeiro registro de *Zacryptocerus depressus* Klug e *Zacryptocerus incertus* Emery (Hymenoptera: Formicidae) no Rio Grande do Sul. **Acta Biologica Leopoldensia** 19(2): 225-2288.
- PALUDO, C. A. & E. DIEHL-FLEIG, 1997. Ontogenia de insetos e atividade isoenzimática diferencial: ênfase em formicídeos. **Acta Biologica Leopoldensia** 19(1): 15-28.
- DIEHL-FLEIG, E., 1997. Ocorrência de *Acromyrmex* em áreas com distintos níveis de perturbações antrópicas no Rio Grande do Sul. **Acta Biologica Leopoldensia** 19(1): 165-171.
- DIEHL-FLEIG, E. & A. M. ARAÚJO, 1996. Haplometrosis and pleometrosis in the ant *Acromyrmex strigatus* (Hymenoptera: Formicidae). **Insectes Sociaux** 43(1): 47-51.
- DIEHL-FLEIG, E., 1996. Gynes of *Acromyrmex crassispinus* (Hymenoptera: Formicidae) with behavior and alpha-glycerophosphate dehydrogenase pattern of worker. **Naturalia** 21(1): 165-170.
- FRITSH, S. & E. DIEHL-FLEIG, 1996. Reações comportamentais de *Acromyrmex heyeri* e *Acromyrmex strigatus* (Hymenoptera – Formicidae) a fungos filamentosos. **Acta Biologica Leopoldensia** 18(2): 77-92.
- DIEHL-FLEIG, E., 1995. Sucesso no estabelecimento de colônias de *Acromyrmex striatus* (Roger) (Hymenoptera: Formicidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 24(3): 625-630.
- LUCIANO, H. M., E. DIEHL-FLEIG & M. E. SILVA, 1995. Organismos associados a uma colônia de *Acromyrmex heyeri* (Hymenoptera: Formicidae) mantida em laboratório. **Acta Biologica Leopoldensia** 17(2): 47-56.
- SPECHT, A., E. DIEHL-FLEIG & M. E. SILVA, 1994. Atratividade de iscas de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. a formiga do gênero *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 23(1): 99-104.
- DIEHL-FLEIG, E., 1994. Uma abordagem etológica da agressividade e da sociabilidade. **Acta Biologica Leopoldensia** 16(1): 5-10.
- MAYHÉ-NUNES, A. J. & E. DIEHL-FLEIG, 1994. Distribuição de *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) no Rio Grande do Sul. **Acta Biologica Leopoldensia** 16(1): 115-118.
- DIEHL-FLEIG, E., 1993. Sex ratio and nuptial flight pattern of the leaf-cutting ants *Acromyrmex heyeri* and *Acromyrmex striatus* (Hymenoptera, Formicidae). **Insectes Sociaux** 40(1): 111-113. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01338837>.
- MARSCHNER, J., V. MACHADO & E. DIEHL-FLEIG, 1993. Variação anual na atividade de corte de *Acromyrmex striatus* (Formicidae – Attini). **Acta Biologica Leopoldensia** 15(1): 77-86.
- SILVA, G. E., V. MACHADO, E. DIEHL-FLEIG, M. E. SILVA & A. SPECHT, 1993. Potencial de *Beauveria bassiana* como agente de controle das formigas cortadeiras em áreas de reflorestamento. **Acta Biologica Leopoldensia** 15(1): 87-94.
- DIEHL-FLEIG, E. & M. E. VALIM-LABRES, 1993. Fungi isolated from leaf-cutting ants *Atta sexdens* and *Acromyrmex heyeri* (Hymenoptera – Formicidae): mucor effects on *Beauveria bassiana* entomopathogen. **Ciência e Cultura** 45(2): 142-144.
- DIEHL-FLEIG, E., M. E. SILVA, A. SPECHT & M. E. VALIM-LABRES, 1993. Efficiency of *Beauveria bassiana* for *Acromyrmex* spp. control (Hymenoptera: Formicidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 22(2): 281-285.
- DIEHL-FLEIG, E., M. E. SILVA, M. E. VALIM-LABRES & A. SPECHT, 1992. Ocorrência natural de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. no Rio Grande do Sul. **Acta Biologica Leopoldensia** 14(1): 99-104.
- DIEHL-FLEIG, E. & M. E. SILVA, 1992. Development of *Beauveria bassiana* Bals. (Vuill.) and of *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. in culture containing *Hovenia dulcis* extract. **Acta Biologica Leopoldensia** 14(2): 15-21.

- DIEHL-FLEIG, E. & A. DROSTE, 1992. Localização, morfologia externa e flutuações populacionais ao longo do ano de colônias de *Acromyrmex heyeri* (Hymenoptera: Formicidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 21(1): 21-27.
- DIEHL-FLEIG, E. & R. CASTILHOS-FORTES, 1992. Germination and mitotic circadian rhythms in *Luffa cylindrica* (Cucurbitaceae). **Brazilian Journal of Genetics** 15(4): 905-911.
- DIEHL-FLEIG, E. & M. E. P. LUCCHESI, 1991. Reações comportamentais de operárias de *Acromyrmex striatus* (Hymenoptera: Formicidae) na presença de fungos entomopatogênicos. **Revista Brasileira de Entomologia** 35(1): 101-107.
- DIEHL-FLEIG, E. & A. M. ARAÚJO, 1991. O polimorfismo cromático em uma população natural de *Chauliognathus fallax* (Coleoptera, Cantharidae) do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Biologia** 51(3): 515-520.
- DIEHL-FLEIG, E. & E. K. MARQUES, 1989. Comparison of mutability induced by gamma radiation and DES in *Drosophila melanogaster* strains selected for resistance. **Revista Brasileira de Genética** 12(3): 505-514.
- DIEHL-FLEIG, E. & M. E. SILVA, 1988. Testes de patogenicidade dos fungos entomopatogênicos *Baeuveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* em *Atta sexdens piriventris* (Santschi, 1919) em diferentes temperaturas. **Ciência e Cultura** 40(11): 1103-1105.
- SILVA, M. E. & E. DIEHL-FLEIG, 1988. Avaliação de diferentes linhagens de fungos entomopatogênicos para controle da formiga *Atta sexdens piriventris* (Santschi, 1919) (Hymenoptera – Formicidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 17(2): 263-269.
- MACHADO, V., E. DIEHL-FLEIG, M. E. SILVA & M. E. P. LUCCHESI, 1988. Reações observadas em colônias de algumas espécies de *Acromyrmex* (Hymenoptera – Formicidae) quando inoculadas com fungos entomopatogênicos. **Ciência e Cultura** 40(11): 1106-1108.
- DIEHL-FLEIG, E., M. E. SILVA & V. MACHADO, 1986. Controle microbiológico de *Atta sexdens piriventris* (Santschi, 1919) por fungos entomopatogênicos. **Boletim do Grupo de Trabalho em Formigas Cortadeiras** 3: 17-18.
- DIEHL-FLEIG, E. & M. E. SILVA, 1986. Patogenicidade de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* à formiga saúva *Atta sexdens piriventris*. **Boletim do Grupo de Pesquisa de Controle Biológico** 6: 15-16.
- LIVROS E CAPÍTULOS DE LIVROS**
- DIEHL-FLEIG, E., 1995. **Formigas: organização social e ecologia comportamental**: 1-168. Editora UNISINOS, São Leopoldo.
- DIEHL, E., 2017. Introdução. In: E. DIEHL (Org.): **Interações das formigas com outros organismos: diversidade ecológica e evolutiva**: 6-13. Editora Oikos, São Leopoldo.
- DIEHL, E. & F. SACCHETT, 2017. Formigas e Hemípteros/Homópteros. In: E. DIEHL (Org.): **Interações das formigas com outros organismos: diversidade ecológica e evolutiva**: 14-41. Editora Oikos, São Leopoldo.
- DIEHL, E. & L. ROCHA, 2017. Formigas e Forídeos. In: E. DIEHL (Org.): **Interações das formigas com outros organismos: diversidade ecológica e evolutiva**: 42-50. Editora Oikos, São Leopoldo.
- DIEHL, E., L. V. A. MENZEL, L. K. JUNQUEIRA & D. F. FLORENCIO, 2017. Formigas e Cupins. In: E. DIEHL (Org.): **Interações das formigas com outros organismos: diversidade ecológica e evolutiva**: 66-75. Editora Oikos, São Leopoldo.
- DIEHL, E., L. V. A. MENZEL & F. HAUBERT, 2017. Formigas e Espécies Arbóreas. In: E. DIEHL (Org.): **Interações das formigas com outros organismos: diversidade ecológica e evolutiva**: 85-101. Editora Oikos, São Leopoldo.
- DIEHL, E. & E. Z. ALBUQUERQUE, 2017. Formigas e Queimadas. In: E. DIEHL (Org.): **Interações das formigas com outros organismos: diversidade ecológica e evolutiva**: 102-112. Editora Oikos, São Leopoldo.
- DIEHL, E., Ed. DIEHL-FLEIG & L. V. A. MENZEL, 2017. Formigas e Altitude. In: E. DIEHL (Org.): **Interações das formigas com outros organismos: diversidade ecológica e evolutiva**: 113-119. Editora Oikos, São Leopoldo.
- DIEHL, E., H. LUCIANO, M. E. SILVA & A. SPECHT, 2017. Formigas e Inimigos Naturais. In: E. DIEHL (Org.): **Interações das formigas com outros organismos: diversidade ecológica e evolutiva**: 113-119. Editora Oikos, São Leopoldo.
- DIEHL, E., 2014. Interações formigas, plantas e solo. In: M. TISSOT-SQUALLI (Org.): **Interações ecológicas & biodiversidade**: 141-162. Editora UNIJUÍ, Ijuí.
- AUGUSTIN, J. O., E. DIEHL, S. R. I. SAMUELS & S. L ELLIOT, 2011. Fungos parasitas de formigas-cortadeiras e de seu fungo mutualístico. In: T. M. C. DELLA LUCIA (Org.): **Formigas cortadeiras da bioecologia ao manejo**: 284-310. Editora UFV, Viçosa.
- DIEHL, E., 2009. Cupins e formigas em remanescentes de floresta com Araucária. In: C. R. FONSECA, A. F. SOUZA, A. M. LEAL-ZANCHET, T. L. DUTRA, A. BACKES & G. GANADE (Org.): **Floresta com Araucária - ecologia, conservação e desenvolvimento sustentável**: 221-226. Holos, Ribeirão Preto.
- DIEHL-FLEIG, E., 1997. Interações formigas-plantas. In: M. C. P. ARAÚJO, G. C. COELHO & L. MEDEIROS (Org.): **Interações ecológicas & biodiversidade**: 49-58. Editora UNIJUÍ, Ijuí.

DIEHL-FLEIG, E., R. CASTILHOS-FORTES & M. E. SILVA, 1995. O problema dos cupins no Rio Grande do Sul. In: E. BERTI FILHO & L. R. FONTES (Org.): **Biologia e controle de cupins**: 53-56. FEALQ, Piracicaba.

DIEHL-FLEIG, E. & M. E. P. LUCCHESI, 1992. Nest foundation by *Acromyrmex striatus* (Hymenoptera, Formicidae). In: J. BILLEN (Org.): **Biology and evolution of social insects**: 53-56. Leuven University Press, Leuven.

DIEHL-FLEIG, E., 1987. Controle biológico por fungos entomopatogênicos. In: P. PACHECO & E. BERTI FILHO (Org.): **Formigas cortadeiras e o seu controle**: 49-53. IPEF/GTFC, Piracicaba.

# BOLETIM DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI. CIÊNCIAS NATURAIS

## INSTRUÇÕES AOS AUTORES

### Objetivos e política editorial

O **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** tem como missão publicar trabalhos originais em biologia (zoologia, botânica, biogeografia, ecologia, taxonomia, anatomia, biodiversidade, vegetação, conservação da natureza) e geologia. A revista aceita colaborações em português, espanhol e inglês (Inglaterra) para as seguintes seções:

**Artigos Científicos** – textos analíticos originais, resultantes de estudos e pesquisas com contribuição efetiva para o avanço do conhecimento. Até 50 laudas.

**Notas de Pesquisa** – relato preliminar sobre observações de campo, dificuldades e progressos de pesquisa em andamento, ou em fase inicial, enfatizando hipóteses, comentando fontes, resultados parciais, métodos e técnicas utilizados. Até 15 laudas.

**Memória** – seção que se destina à divulgação de acervos ou seus componentes que tenham relevância para a pesquisa científica; de documentos transcritos parcial ou integralmente, acompanhados de texto introdutório; e de ensaios biográficos, incluindo obitúário ou memórias pessoais. Até 15 laudas.

**Resenhas Bibliográficas** – texto descritivo e/ou crítico de obras publicadas na forma impressa ou eletrônica. Até cinco laudas.

**Teses e Dissertações** – descrição sucinta, sem bibliografia, de dissertações de mestrado, teses de doutorado e livre-docência. Uma lauda.

### Apresentação de originais

Os originais devem ser encaminhados ao Editor Científico por meio de mensagem eletrônica ([boletim.naturais@museu-goeldi.br](mailto:boletim.naturais@museu-goeldi.br)), contendo, obrigatoriamente, o título do trabalho, o nome completo, por extenso, do autor principal e dos demais autores, a indicação de autor para correspondência (com endereço completo, CEP, telefones, fax, e-mail) e uma declaração de que o autor principal se responsabiliza pela inclusão dos coautores.

A revista possui um Conselho Científico. Os trabalhos submetidos são primeiramente avaliados pelo Editor ou por um dos Editores Associados. O Editor reserva-se o direito de sugerir alterações nos trabalhos recebidos ou devolvê-los, caso não estejam de acordo com os critérios exigidos para publicação.

Uma vez aceitos, os artigos seguem para avaliação por pares (peer-review). Os artigos são analisados por dois especialistas, no mínimo, que não integram a Comissão Editorial. Caso haja discordância entre os pareceres, o trabalho é submetido a outro(s) especialista(s). Caso mudanças ou correções sejam recomendadas, o trabalho é devolvido ao(s) autor(es), que terá(ão) um prazo de trinta dias para elaborar nova versão. Os arquivos referentes a artigos não aprovados para publicação são deletados.

A publicação implica cessão integral dos direitos autorais do trabalho à revista. A declaração para a cessão de direitos autorais é enviada juntamente com a notificação de aceite do artigo. Deve ser impressa e devolvida assinada via correios. Todos os autores devem assinar uma declaração.

Aos Editores, ao Conselho Científico e aos consultores científicos *ad hoc* cabe a responsabilidade ética do sigilo e da colaboração voluntária para garantir a qualidade científica das publicações e da revista. Aos autores, cabe a responsabilidade da veracidade das informações prestadas, do depósito dos materiais estudados em instituições legais, quando couber, e o cumprimento das leis locais que regem a coleta, o estudo e a publicação dos dados.

## Preparação de originais

Os originais devem ser enviados com texto digitado em Word, com fonte Times New Roman, tamanho 12, entrelinha 1,5, em laudas sequencialmente numeradas. Na primeira folha (folha de rosto) devem constar: título (no idioma do texto e em inglês); nome(s) completo(s) do(s) autor(es); filiação institucional (por extenso); endereço(s) completo(s); e-mail de todos os autores. Na página dois, devem constar: título (no idioma do texto e em inglês), resumo, abstract, palavras-chave e keywords. Não incluir o(s) nome(s) do(s) autor(es).

Tabelas devem ser digitadas em Word, sequencialmente numeradas, com claro enunciado. Ilustrações e gráficos devem ser apresentados em páginas separadas e numeradas, com as respectivas legendas, e em arquivos à parte em formato TIFF (preferencialmente) ou JPEG, com resolução mínima de 500 dpi, tamanho mínimo de 3.000 pixels de largura. O texto deve, obrigatoriamente, fazer referência a todas as tabelas, gráficos e ilustrações.

Chaves devem ser apresentadas no seguinte formato:

1. Lagarto com 4 patas minúsculas.....2  
Lagarto com 4 patas bem desenvolvidas.....3
2. Dígito geralmente sem unhas, dorsais lisas.....*Bachia flavescens*  
Dígito com unhas, dorsais quilhadas.....*Bachia panoplia*
3. Mãos com apenas 4 dedos.....4  
Mãos com 5 dedos.....5
4. Escamas dorsais lisas.....*Gymnophthalmus underwoodii*  
Escamas dorsais quilhadas.....*Amapasaurus tetradactylus*
5. Cabeça com grandes placas.....6  
Cabeça com escamas pequenas .....7
6. Placas posteriores da cabeça formam uma linha redonda.....*Alopoglossus angulatus*  
Placas posteriores da cabeça formam uma linha reta.....*Arthrosaura kockii*
7. Etc.  
Etc.

Pede-se destacar termos ou expressões por meio de aspas simples. Apenas termos científicos latinizados ou em língua estrangeira devem constar em itálico. Observar cuidadosamente as regras de nomenclatura científica, assim como abreviaturas e convenções adotadas em disciplinas especializadas. Citações e referências a autores no decorrer do texto devem subordinar-se à seguinte forma: sobrenome do autor (apenas com inicial maiúscula) e ano (exemplo: Weaver, 1989). Em trabalhos com dois autores, os nomes devem ser separados por "&". No caso de mais de dois autores, menciona-se somente o nome do primeiro autor seguido por "et al.". Todas as obras citadas ao longo do texto devem estar corretamente referenciadas ao final do artigo.

## Estrutura básica dos trabalhos

**Título** – No idioma do texto e em inglês (quando este não for o idioma do texto). Deve ser escrito em caixa baixa, em negrito, centralizado na página.

**Resumo e Abstract** – Texto em um único parágrafo, ressaltando os objetivos, métodos e conclusões do trabalho, com, no máximo, duzentas palavras, no idioma do texto (Resumo) e em inglês (Abstract). A versão para o inglês é de responsabilidade do(s) autor(es).

**Palavras-chave e Keywords** – Três a seis palavras que identifiquem os temas do trabalho, para fins de indexação em bases de dados.

**Introdução** – Deve conter uma visão clara e concisa de conhecimentos atualizados sobre o tema do artigo, oferecendo citações pertinentes e declarando o objetivo do estudo.



**Material e métodos** – Exposição clara dos métodos e procedimentos de pesquisa e de análise de dados. Técnicas já publicadas devem ser apenas citadas e não descritas. Termos científicos, incluindo espécies animais e vegetais, devem ser indicados de maneira correta e completa (nome, autor e ano de descrição).

**Resultados e discussão** – Podem ser comparativos ou analíticos, ou enfatizar novos e importantes aspectos do estudo. Podem ser apresentados em um mesmo item ou em separado, em sequência lógica no texto, usando tabelas, gráficos e figuras, dependendo da estrutura do trabalho.

**Conclusão** – Deve ser clara, concisa e responder aos objetivos do estudo.

**Agradecimentos** – Devem ser sucintos: créditos de financiamento; vinculação do artigo a programas de pós-graduação e/ou projetos de pesquisa; agradecimentos pessoais e institucionais. Nomes de instituições devem ser por extenso, de pessoas pelas iniciais e sobrenome, explicando o motivo do agradecimento.

**Referências** – Devem ser listadas ao final do trabalho, em ordem alfabética, de acordo com o sobrenome do primeiro autor. No caso de mais de uma referência de um mesmo autor, usar ordem cronológica, do trabalho mais antigo ao mais recente. No caso de mais de uma publicação do mesmo autor com o mesmo ano, utilizar letras após o ano para diferenciá-las. Nomes de periódicos devem ser por extenso. Teses e dissertações acadêmicas devem preferencialmente estar publicadas. Estruturar as referências segundo os modelos a seguir:

Livro: WEAVER, C. E., 1989. **Clays, muds and shales**: 1-819. Elsevier, Amsterdam.

Capítulo de livro: ARANHA, L. G., H. P. LIMA, R. K. MAKINO & J. M. SOUZA, 1990. Origem e evolução das bacias de Bragança – Viseu, S. Luís e Ilha Nova. In: E. J. MILANI & G. P. RAJA-GABAGLIA (Eds.): **Origem e evolução das bacias sedimentares**: 221-234. PETROBRÁS, Rio de Janeiro.

Artigo de periódico: GANS, C., 1974. New records of small amphisbaenians from northern South America. **Journal of Herpetology** 8(3): 273-276.

Série/Coleção: CAMARGO, C. E. D., 1987. **Mandioca, o “pão caboclo”**: de alimento a combustível: 1-66. Icone (Coleção Brasil Agrícola), São Paulo.

Documento eletrônico: IBGE, 2004. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>>. Acesso em: 23 janeiro 2004.

## Provas

Os trabalhos, depois de formatados, são encaminhados em PDF para a revisão final dos autores, que devem devolvê-los com a maior brevidade possível. Os pedidos de alterações ou ajustes no texto devem ser feitos por escrito. Nessa etapa, não serão aceitas modificações no conteúdo do trabalho ou que impliquem alteração na paginação. Caso o autor não responda ao prazo, a versão formatada será considerada aprovada. Cada autor receberá, via Correios, dois exemplares do Boletim. Os artigos são divulgados integralmente no formato PDF no sítio da revista, com acesso aberto.

## Endereço para correspondência

Museu Paraense Emílio Goeldi

Editor do Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais

Av. Perimetral, 1901 - Terra Firme

CEP 66077-530

Belém - PA - Brasil

Telefone: 55-91-3075-6186

E-mail: [boletim.naturais@museu-goeldi.br](mailto:boletim.naturais@museu-goeldi.br)

**Lembre-se:**

- 1- Antes de enviar seu trabalho, verifique se foram cumpridas as normas acima. Disso depende o início do processo editorial.
- 2- Após a aprovação, os trabalhos são publicados por ordem de chegada. O Editor Científico também pode determinar o momento mais oportuno.
- 3- É de responsabilidade do(s) autor(es) o conteúdo científico do artigo, o cuidado com o idioma em que ele foi concebido, bem como a coerência da versão para o inglês do título, do resumo (abstract) e das palavras-chave (keywords). Quando o idioma não estiver corretamente utilizado, o trabalho pode ser recusado.

# BOLETIM DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI. CIÊNCIAS NATURAIS

## INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

### Goals and editorial policy

The mission of the Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais is to publish original works on Biology (zoology, botany, biogeography, ecology, taxonomy, anatomy, biodiversity, vegetation, nature conservation) and Geology. The journal accepts contributions in Portuguese, Spanish, and English (UK) for the following sections:

**Articles** – Scientific and original analytical papers stemming from studies and research, which effectively contribute to building knowledge in the field. Maximum length: 50 pages.

**Short Communications** – Preliminary reports on field observations, problems and progress of current research, emphasizing hypotheses, mentioning sources, partial results, methods and techniques used. Maximum length: 15 pages.

**Memory** – Section intended to report on museum collections, that are relevant for scientific issues; and biographical essays, including obituaries or personal memories. Maximum length: 15 pages.

**Book Reviews** – Text discussing recently published books in the field of natural sciences, in print or electronically. Maximum length: 5 pages.

**Theses and Dissertations** – Theses and dissertations abstracts, with no references section. Maximum length: 1 page.

### Submitting a manuscript

Manuscripts should be sent to the Scientific Editor by e-mail (boletim.naturais@museu-goeldi.br), with a letter containing: title, full name (no abbreviations) of the main author and other authors, mailing address (complete address, zip code, phone number, fax, e-mail), and declaration stating the main author is responsible for the inclusion of the co-authors.

The journal has a Scientific Board. The manuscripts are first examined by the Editor or by one of the Associate Editors. The Editor has the right to recommend alterations be made to the papers submitted or to return them when they fail to comply with the journal's editorial policy. Upon acceptance, the manuscripts are submitted to peer-review and are reviewed by two specialists who are not members of the Editorial Commission. In the event of disagreement, the manuscript is submitted to other(s) referee(s). If changes or corrections need to be made, the manuscript is returned to the authors who will have thirty days to send a new version. Files related to not accepted manuscripts will be deleted.

Publication means fully assigning and transferring all copyrights of the manuscript to the journal. The Liability Statement and Assignment of Copyrights will be enclosed with the notice of acceptance. All the authors must sign the document and return it to the journal.

The editors, the Advisory Body and ad hoc scientific advisors are responsible for the ethical duty of confidentiality and their voluntary collaboration to ensure the scientific quality of papers published in the journal. Authors are responsible for the veracity of the information provided, the deposition of the materials studied in recognised institutions (where applicable) and compliance with local laws that govern the collection, study and publication of data.

### Preparing manuscripts

The manuscripts should be sent in Word for Windows formats, in Times New Roman, font 12, 1.5 spacing between lines, and pages must be sequentially numbered. First page (cover page) must include: title (in the original language and in English); author(s)'s full name; affiliation

(no abbreviations); complete address (es); and e-mail(s) for all authors. A following printed page must include: title, abstract, and keywords (in the original language and in English). Do not mention the name(s) of the author(s).

Tables should be in Word format, sequentially numbered, and with clear captions. Images and graphs should be on separate and numbered pages, with their respective captions. They should also be sent in separate files. Digitized images should have a minimum resolution of 500 dpi, minimum size of 3,000 pixels, in TIFF (preferably) or JPEG format. All tables, graphs and images must be necessarily mentioned in the text body.

Keys have to be presented in the following format:

1. Lizard with 4 small limbs.....	2
Lizard with 4 well developed limbs.....	3
2. Fingers and toes generally without nails, dorsals smooth.....	<i>Bachia flavescens</i>
Fingers and toes with nails, dorsals keeled.....	<i>Bachia panoplia</i>
3. Hands with only 4 fingers.....	4
Hands with 5 fingers.....	5
4. Dorsal scales smooth.....	<i>Gymnophthalmus underwoodii</i>
Dorsal scales keeled.....	<i>Amapasaurus tetradactylus</i>
5. Head with large scales.....	6
Head with small scales.....	7
6. Posterior scales of head forming a rounded line.....	<i>Alopoglossus angulatus</i>
Posterior scales of head forming a straight line.....	<i>Arthrosaura kockii</i>
7. Etc.	
Etc.	

To highlight terms or phrases, please use single quotation marks. Only foreign language words and phrases, and latinized scientific names should be in italics. Texts must fully comply with naming rules, abbreviations and conventions adopted in specific fields. To quoting or mentioning authors throughout the text, please use the following format: author's last name (capitalize only the first letter) and year (example: Weaver, 1989). Publications with two authors are cited with an "&" between the names. In cases where there are more than two authors only the name of the first author is mentioned followed by "*et al.*". All quotations in the text body must be accurate and listed at the end of the paper.

## Basic text structure

**Title** – The title must appear both in the original language of the text and in English (when English is not the original language). Title must be centralized and in bold. Do not use capitals.

**Abstract** – This section should be one paragraph long and highlight the goals, methods, and results of the study. Maximum length: 200 words. The abstract should be presented both in Portuguese/Spanish and in English. The authors are responsible for the English translation.

**Keywords** – Three to six words that identify the topics addressed, for the purpose of indexing the paper in databases.

**Introduction** – The introduction should contain a clear and concise description based on state-of-the-art knowledge on the topic addressed. It should provide relevant quotations, and express the goals of the study clearly.

**Materials and Methods** – This section contains clear information on methods, procedures and data analysis. Previously published studies should not be described, only mentioned. Scientific terms, including the names of plants and animals, should be provided correctly and accurately (name, author, year of description).

**Results and Discussion** – The results and discussion can be comparative or analytical, or emphasize new and important aspects of the study. They can be addressed together under the same topic, or separately according to the logical order of the paper by using tables, graphics and pictures depending on the structure of the text.

**Conclusion** – The conclusion should be clear and concise, and should mirror the goals of the study.

**Acknowledgements** – Acknowledgements are brief and can mention: support and funding; connections to graduate programs and/or research projects; acknowledgement to individuals and institutions. The names of institutions should be written in full, those of individuals with initials and family name, indicating what motivated the acknowledgement.

**References** – References should appear at the end of the text in alphabetical order according to the last name of the first author. In the event of two or more references to the same author, please use chronological order starting with the earliest work. In case there are several publications by the same author in the same year, use lower case letters behind the year to differentiate them. Theses and academic dissertations preferably must have been published. References should follow the examples below:

**Book:** WEAVER, C. E., 1989. **Clays, muds and shales:** 1-819. Elsevier, Amsterdam.

**Chapter in book:** ARANHA, L. G., H. P. LIMA, R. K. MAKINO & J. M. SOUZA, 1990. Origem e evolução das bacias de Bragança – Viseu, S. Luís e Ilha Nova. In: E. J. MILANI & G. P. RAJA-GABAGLIA (Eds.): **Origem e evolução das bacias sedimentares:** 221-234. PETROBRÁS, Rio de Janeiro.

**Article in journal:** GANS, C., 1974. New records of small amphisbaenians from northern South America. **Journal of Herpetology** 8(3): 273-276.

**Series/Collection:** CAMARGO, C. E. D., 1987. **Mandioca, o “pão caboclo”:** de alimento a combustível: 1-66. Icone (Coleção Brasil Agrícola), São Paulo.

**Electronic document:** IBGE, 2004. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Available at: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>>. Accessed on: 23 January 2004.

## Proofs

Authors will receive their paper in PDF format for final approval, and must return the file as soon as possible. Authors must inform the Editors in writing of any changes in the text and/or approval issues. At this stage, changes concerning content or changes resulting in an increase or decrease in the number of pages will not be accepted. In the event the author does not meet the deadline, the formatted paper will be considered approved by the author. Each author will receive two printed copies of the journal. The papers will be disclosed in full, in PDF format in the journal website.

## Mailing address

Museu Paraense Emílio Goeldi

Editor do Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais

Av. Perimetral, 1901 - Terra Firme

CEP 66077-530

Belém - PA - Brazil

Phone: 55-91-3075-6186

E-mail: [boletim.naturais@museu-goeldi.br](mailto:boletim.naturais@museu-goeldi.br)

**Please note:**

- 1- Before submitting your manuscript to the journal, please check whether you have complied with the norms above. For the editorial process to begin, submitters must comply with the policy.
- 2- After acceptance, the papers will be published according to order of arrival. The Scientific Editor may also decide on the most convenient time for publication.
- 3- The authors are fully responsible for the scientific content of their manuscripts, language quality, in addition to accuracy between the original and the English version of the title, abstract and keywords. When language is not correct a manuscript can be refused.





Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi  
Formato: 50P0 x 59P6  
Tipografia: MPEG



# Conteúdo

Myrmecology: majority of females only within the colony.....	17
Parenting in the field of myrmecology: career challenges in the 21st century .....	27
Formigas como recurso alimentar e medicinal.....	39
Jardins de formigas: qual o estado do conhecimento sobre essas interações mutualísticas entre formigas e plantas?.....	55
Diversity and structure preferences for ant-hemipteran mutualisms in cocoa trees ( <i>Theobroma cacao</i> L., Sterculiaceae) .....	65
Considerações sobre uma série de aranhas miméticas da coleção do Centro de Pesquisas do Cacau (CPDC), Bahia, e de seus possíveis modelos .....	83
Description using ultramorphological techniques of the infection of <i>Beauveria bassiana</i> (Bals.-Criv.) Vuill. in larvae and adults of <i>Atta sexdens</i> (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae).....	101
Ant diversity studies in Acre: what we know and what we could do to know more? .....	113
Assessing sodium limitation as a resource for ground-dwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) in an area of the Amazonian <i>Terra Firme</i> Forest.....	135
Relação entre a circunferência da árvore e a comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) arborícolas em uma área de preservação amazônica .....	145
Relações alométricas entre os tamanhos de sementes artificiais removidas e de formigas em um fragmento florestal na Amazônia Central .....	155
Morfometria das operárias de Ponerinae (Hymenoptera: Formicidae) em áreas de floresta ombrófila amazônica .....	165
A new species of <i>Discothyrea</i> Roger (Hymenoptera: Formicidae) from the Brazilian Atlantic Rainforest .....	199
Primeiro registro de bivaque arbóreo para a espécie de formiga de correição <i>Eciton rapax</i> Smith, 1855 (Formicidae: Dorylinae) .....	221
Dining out with commoners: queens of <i>Camponotus novogranadensis</i> Mayr, 1870 .....	227
Chromosome morphometry of <i>Camponotus renggeri</i> Emery, 1894 (Hymenoptera: Formicidae) .....	231
Survey of leaf-cutting ant species in native vegetation and monocultures in the State of Goiás, Brazil .....	237
Uma jornada científica na Amazônia: revisitando os 121 anos do acervo de Formicidae (Insecta: Hymenoptera) do Museu Paraense Emílio Goeldi .....	245
A mirmecologia brasileira no século XXI: a coleção do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia .....	257
Um acervo centenário: a história da Coleção de Formigas (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo.....	265
Coleção Entomológica Padre Jesus Santiago Moure: um novo centro de referência para a formação de sistematas de formigas (Hymenoptera: Formicidae).....	277
A Coleção de Formicidae do Centro de Pesquisas do Cacau (CPDC), Ilhéus, Bahia, Brasil .....	289
Acervo de Formicidae (Insecta, Hymenoptera) da Coleção Entomológica Adolph Hempel, Instituto Biológico, São Paulo .....	307
Coleção de referência do Laboratório de Mirmecologia do Alto Tietê, São Paulo, Brasil: status atual e perspectivas .....	317
Elena Diehl (1949-2018): uma cientista pioneira na mirmecologia do Rio Grande do Sul, Brasil .....	337