

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

Márcio Wésley Alves Mendonça

**Comunidade de Machos de Euglossina (Hymenoptera: Apidae) e Avaliação da
Suficiência Amostral dos Métodos Tradicionais de Coleta para a sua Captura em
Área de Cerrado no Nordeste Brasileiro, Balsas, MA**

São Luís
2012

Márcio Wésley Alves Mendonça

Comunidade de Machos de Euglossina (Hymenoptera: Apidae) e Avaliação da Suficiência Amostral dos Métodos Tradicionais de Coleta para a sua Captura em Área de Cerrado no Nordeste Brasileiro, Balsas, MA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal do Maranhão, para obtenção do Título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

Orientador: Dra. Márcia Maria Corrêa Rêgo
Co-orientador: Dr. José Manuel Macário Rebêlo

São Luís
2012

Mendonça, Márcio Wésley Alves

Comunidade de machos de Euglossina (Hymenoptera: Apidae) e avaliação da suficiência amostral dos métodos tradicionais de coleta para a sua captura em área de Cerrado no nordeste brasileiro, Balsas, MA/ Márcio Wésley Alves Mendonça. 2012.

91f

Impresso por computador (Fotocópia).

Orientadora: Márcia Maria Corrêa Rêgo.

Co-orientador: José Manuel Macário Rebêlo.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Maranhão. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, 2012.

Hymenoptera – Coleta - Balsas – MA 2. Comunidade 3. Armadilha aromática 4. Redes entomológicas I. Título

CDU 595.799(812.11)

Márcio Wésley Alves Mendonça

Comunidade de Machos de Euglossina (Hymenoptera: Apidae) e Avaliação da Suficiência Amostral dos Métodos Tradicionais de Coleta para a sua Captura em Área de Cerrado no Nordeste Brasileiro, Balsas, MA

A comissão julgadora dos trabalhos de defesa da Dissertação de mestrado, em sessão pública realizada em **14/02/2012**, considera o candidato **APROVADO**.

Profa. Dra. Patrícia Maia Correa Albuquerque -UFMA
(Presidente da banca examinadora)

Profa. Dra. Márcia Maria Corrêa Rêgo -UFMA
(Orientadora)

Profa. Dra. Márcia Motta Maués – EMBRAPA Amazônia Oriental

Prof. Dr. Felipe do Nascimento Andrade de Almeida Rêgo - UFMA

Em especial para a minha eterna Mãe (*in memoriam*)

Pelo amor e fonte de perseverança constante,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Jesus Cristo, pela fonte de fé e superação cotidianas;

Aos meus pais, pelos constantes incentivos aos meus estudos, oportunizando-me realizações como estas.

A Renata, pelo seu amor, companheirismo, compreensão e apoio incondicionais durante todo o período do mestrado;

Aos meus avós, pelo carinho;

A toda minha família, por todas as formas de suporte concedido ao longo de toda esta viagem pelo mundo acadêmico da Universidade Federal do Maranhão;

A sociedade, pelo financiamento dos meus estudos nesta modalidade de ensino público, da graduação até a pós-graduação (mestrado);

A minha orientadora Márcia Maria Corrêa Rêgo pelo seu incentivo, orientação e transmissão de conhecimentos e amizade que foram vitais para a conclusão deste trabalho;

A profa. Patrícia Maia Correa de Albuquerque, pela amizade, pelos livros emprestados e pela confiança;

Ao prof. José Manuel Macário Rebêlo pela confiança e amizade, e pela identificação dos machos de *Euglossina*;

Ao mestre Orleans Silva pela amizade e conhecimentos compartilhados;

A toda as famílias do povoado de Santa Luzia, em especial para a família do seu José Alberto e dona “zeza”;

A toda família do Laboratório de estudos sobre abelhas (*Lea*): Ana Paula, Marcela, Rafael, Greyce, Monique, Albeane, Edilene, Denilson, pelos momentos de alegria e descontração proporcionadas;

A Raysa Valéria, pela amizade e companheirismo;

A todos os colegas de mestrado (*#someninqstuda*), pelos momentos de partilha;

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, da UFMA, pelo compromisso e confiança na transmissão de todas as formas de conhecimentos compartilhados;

Sumário

1. Apresentação	1
2. Fundamentação Teórica	2
2.1. Aspectos gerais das Euglossina	2
2.1.1. Sistemática.....	2
2.1.2. Distribuição geográfica das abelhas Euglossina pelo continente sul-americano	3
2.2. Sobre o Bioma Cerrado e suas fitofisnomias	3
2.3. Os Euglossina e o bioma Cerrado.....	5
2.4. Métodos de coleta para abelhas Euglossina	7
2.5. Referências Bibliográficas	10
3. Capítulo I.....	14
4. Considerações finais.....	57
5. Resumo	59
6. Abstract	60
7. Artigo Enviado ao Journal of Natural History	61

APRESENTAÇÃO

Este trabalho apresenta investigações acerca da eficiência entre os dois métodos tradicionais de coleta para a captura de machos de Euglossina, armadilhas aromáticas e redes entomológicas em vegetações de Cerrado (cerrado *stricto sensu* e campo sujo) e mata ciliar; e bem como as relações destas espécies com estes três tipos fitofisionômicos.

Espera-se que os resultados deste estudo sirvam de incentivo e orientação no planejamento de futuros inventários, principalmente naqueles biomas onde os poucos estudos têm limitado a compreensão em nível de estruturação de comunidades para as abelhas das orquídeas.

Neste estudo, são apresentados registros de algumas espécies que ainda não haviam sido capturadas para o bioma savânico brasileiro e maranhense, gerando assim implicações biogeográficas para esta comunidade; análise da influência de alguns fatores abióticos sobre a variação da abundância e riqueza das espécies ao longo do ano; e verificação da eficiência entre os métodos de coleta, armadilhas aromáticas e redes entomológicas, na captura da euglossinofauna local. Esta dissertação foi escrita em um único capítulo. O artigo referente a este estudo foi estruturado segundo as normas da revista **Journal of Natural History** com o título: **Orchid bees (Apidae: Euglossini) in three phytophysiognomies of the Cerrado biome in northeastern Brazil**, com uma cópia ao final da dissertação.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ASPECTOS GERAIS DAS EUGLOSSINA

2.1.1 SISTEMÁTICA

A subtribo Euglossina é caracterizada por reunir abelhas que ocorrem em diferentes biomas, bastante diversificada nas florestas úmidas (SILVEIRA *et al* 2002). São caracterizadas por apresentarem porte médio a robusto, variações nos padrões de cores do tegumento metálico e pernas posteriores bastante modificadas nos machos (MICHENER 2000).

Dos cinco gêneros de Euglossina - *Euglossa*, *Eufriesea*, *Eulaema*, *Aglae* e *Exaerete* - são descritas mais de 200 espécies. As abelhas do gênero *Euglossa* Latreille, 1802, o mais rico em espécies (117 espécies), são as menores e mais coloridas da tribo, variando de verdes e azuis brilhantes a violetas e acobreadas. Apesar de ser o segundo em número de espécies (61), o gênero *Eufriesea* Cockerell, 1908, é o menos conhecido (CAMERON 2004). Já as abelhas do gênero *Eulaema* Lepeletier, 1841, (26 espécies) apresentam uma ampla distribuição, e são caracterizadas principalmente pelo seu grande porte e robustez (OLIVEIRA 2006).

Exaerete Hoffmannsegg, 1817 e *Aglae* Lepeletier & Serville, 1825 abrangem, respectivamente, sete e uma espécies, todas cleptoparasitas de outras Euglossina e dependentes destas para construção de células e ovoposição (ANJOS-SILVA; REBÊLO 2006).

2.1.2 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS ABELHAS EUGLOSSINA PELO CONTINENTE SUL-AMERICANO

É um grupo amplamente distribuído na região neotropical, ocorrendo do norte da Argentina (PEARSON; DRESSLER 1985) ao sul dos Estados Unidos (SKOV; WILEY 2005), apresentando maior diversidade nas zonas quentes e úmidas equatoriais (DRESSLER 1982, SILVEIRA *et al* 2002). O Brasil e a Colômbia são os países que mais possuem registro de espécies de Euglossina, 233 espécies, seguidos do Perú, Venezuela e Panamá (MOURE; SCHLINDWEIN 2002, RAMIREZ *et al* 2002, ANJOS-SILVA; REBÊLO 2006).

2.2 SOBRE O BIOMA CERRADO E SUAS FITOFISIONÔMIAS

A vegetação do Cerrado cobre uma área de aproximadamente 2 milhões de km² da superfície brasileira, representando cerca de 23% do país (RATTER *et al* 1997). Em termos de área, esta formação só é ultrapassada por uma formação vegetacional, a floresta Amazônica, com 3,5 milhões de km².

O clima é tropical sazonal, caracterizado por estação seca bem definida (maio a setembro), com média de precipitação mensal próxima dos 60 mm (PROGEA 1995). Apresenta temperatura média anual entre 20°C e 27°C e médias anuais de umidade relativa do ar de, aproximadamente, 60% (NIMER; BRANDÃO 1989).

Em sentido genérico, o Cerrado corresponde a um conjunto de formas vegetacionais que aparecem em um gradiente de biomassa, onde o pequeno é chamado de campo sujo, e passa pelo cerrado *sensu stricto* (cerrado ss), até o cerradão (COUTINHO 1978; RATTER *et al.*, 1997). Além disso, esse bioma ainda pode conter outros elementos florestais que o atravessam, como a mata ciliar, caracterizada como vegetação florestal que acompanha os rios de médio e grande porte e, por isso, pode ocorrer em associação

com outros biomas (OLIVEIRA-FILHO; RATTER 1995, MOURA; SCHLINDWEIN 2009).

A fertilidade dos solos é sugerida por alguns autores como uma das principais causas que podem explicar diferenças na composição vegetal (LOPES; COX 1977). No entanto, outros estudos falharam na demonstração destas correlações (RIBEIRO 1983). Em muitos casos, o fogo indubitavelmente é um importante fator. A flora do Cerrado, entre todas as savanas, é a mais resistente ao fogo e mostra uma série de adaptações, como os xilopódios, as raízes gemíferas, as raízes tuberosas, os sóboles e os rizóforos (APPEZZATO-DA-GLÓRIA 2003). Todas estas características fitofisionômicas, geológicas e atmosféricas, em conjunto, contribuem para a sua relevância ecológica por abrigar espécies de flora e fauna endêmicas, classificando-o, dentre outros critérios, como um hotspot de biodiversidade.

No Maranhão, a sua morfologia está representada como um imenso platô com cotas altimétricas descendentes da região sul para a região norte no litoral (FIGUEIREDO; ANDRADE 2007). Na região sul estes platôs, são localmente denominados de “Chapadas”, chegam a atingir altitudes de 600m a 700m (OLIVEIRA-FILHO; RATTER 2002).

Ao sul do estado, na região de Balsas, a vegetação predominante é o Cerrado, que ocorre tanto no alto das chapadas como nas áreas planas mais baixas. Quanto às fisionomias, ocorrem desde o Cerradão ao Campo Cerrado, passando por subtipos intermediários em função, provavelmente, de degradação e/ou características do ambiente, tais como profundidade do solo, presença de afloramentos rochosos, declividade, altitude, entre outros (FIGUEIREDO; ANDRADE 2007).

Além da vegetação de Cerrado, ocorrem ainda formações florestais com características mesofíticas nas encostas das chapadas e ombrófilas nos anfiteatros ou

“canyons” (vales com escarpas íngremes e abruptas, formados no entorno entre duas ou mais chapadas), sendo estas últimas denominadas de “matas frias” (FIGUEIREDO; ANDRADE 2007). Fisionomicamente a distinção entre estas duas formações está relacionada à altura e ao diâmetro das árvores. As árvores das Matas de Encosta têm altura em torno de 15m a 40m, os troncos são relativamente mais finos do que as Matas dos Vales das Chapadas. Já as Matas dos Vales apresentam árvores maiores, com espécies chegando a 40m de altura ou mais e perímetro ao nível do peito acima de 1m (FIGUEIREDO; ANDRADE 2007).

Na beira dos rios e pequenos cursos d’água encontra-se a mata ciliar. A largura e características desta vegetação variam em função do tamanho e da área de influência do rio ou ribeirão (OLIVEIRA-FILHO; RATTER 2002). Segundo Brown - Jr (2001), as matas ciliares são a quintessência de florestas tropicais úmidas e por conta disso tem condições de atrair, nutrir, e fixar uma diversidade biológica exagerada, favorecendo especialmente os organismos pequenos, exigentes de sombra, água, nutrientes específicos orgânicos e inorgânicos, ou outros recursos mais raros ou ausentes nos sistemas adjacentes mais abertos, com solos menos úmidos e ricos.

2.3 OS EUGLOSSINA E O BIOMA CERRADO

Poucos foram os estudos realizados com Euglossina no Cerrado maranhense (REBÊLO; CABRAL 1997, REBÊLO; SILVA 1999, CARVALHO *et al* 2006, MENDES *et al* 2008). E para a escala nacional, verifica-se que, embora a quantidade de trabalhos seja aparentemente satisfatória em número (Maranhão (REBÊLO; CABRAL 1997, REBÊLO; SILVA 1999, CARVALHO *et al* 2006, MENDES *et al* 2008), Bahia (NEVES; VIANA 2003) e Minas Gerais (NEMÉSIO; FARIA-JR 2004, ALVARENGA *et al* 2007, FREITAS 2009, SILVEIRA 2010), a maioria das amostragens são muito próximas geograficamente, e restritas à porções específicas dos estados, seja em fragmentos

circundados por monoculturas ou matrizes urbanas. Registros recentes de espécies até então consideradas raras e restritas para determinados biomas, realizados em áreas nunca antes amostradas, têm revelado que algumas delas apresentam ocorrências bastante comuns para outros tipos de fitofisionomias (ANJOS-SILVA 2007). No entanto, reamostragens numa mesma área, também têm permitido auxiliar no monitoramento destas espécies, como é o caso da espécie rara, *Euglossa (Euglossela) decorata* (Smith), que segundo dados ainda não publicados de Freitas *et al.* (SILVEIRA 2010) pode estar se mantendo viável ao longo do tempo após 10 anos do seu primeiro registro no Cerrado mineiro.

Dentre estes, destacam-se os estudos de Silveira (2010) que registra a ampliação geográfica de *Euglossa amazonica* Dressler (1982), por tempos definida como endêmica ao domínio amazônico, e o de Nemésio & Faria-Jr (2004) onde em apenas um mês (período seco), usando 10 substâncias químicas, foi obtido um número de 10 espécies que corresponde a média de espécies encontradas pelos outros autores ao longo de um ano por meio de coletas mensais (MENDES *et al* 2009) e quinzenais (REBÊLO; CABRAL 1997). Desse modo, zonas ecotonais como o Cerrado Maranhense provavelmente devem permitir a sobreposição e interação de elementos faunísticos de abelhas Euglossina proporcionando assim a ocorrência de espécies ainda não descobertas ou registro de espécies de outros biomas, colaborando assim para a compreensão da estruturação de comunidades dessas abelhas. Neste contexto, as abelhas Euglossina, inserem-se entre os mais importantes vetores de pólen em biomas neotropicais, constituindo-se em um importante grupo bioindicador, uma vez que são sensíveis às perturbações ambientais e mantenedoras de várias espécies vegetais (CARVALHO *et al* 2006; AUGUSTO; GARÓFALO 2007).

2.4 MÉTODOS DE COLETA PARA ABELHAS EUGLOSSINA

Os estudos sobre as abelhas das orquídeas avançaram a partir da década de 60 quando Dodson & Frymire (1961) observaram os machos usando suas pernas anteriores raspando a superfície das flores das orquídeas, e principalmente quando Vogel (1966, *apud* Roubik & Hanson, 2004) determinou que os machos coletavam aromas e os guardavam nas suas intumescidas patas posteriores. A partir daí, com a descoberta dos compostos aromáticos como método artificial de atração aos machos de Euglossina (Hymenoptera: Apoidea) (DODSON *et al* 1969), inúmeras amostragens em várias partes do continente Neotropical tem sido realizadas: Panamá (ROUBIK; ACKERMAN 1987, ZIMMERMAN; MADRIDNAN 1988); Costa Rica (JANSEN *et al* 1982); Peru (PEARSON; DRESSLER 1985); Brasil (Manaus (POWELL; POWELL 1987, BECKER *et al* 1991, MORATO *et al* 1992, MORATO 1994, RASMUSSEN 2009); Maranhão (REBÊLO; CABRAL 1997, SILVA; REBÊLO 1999, ALBUQUERQUE *et al* 2001, BRITO; RÊGO 2001, SILVA; REBÊLO 1999, CARVALHO *et al* 2006, MENDES *et al* 2009, SILVA *et al* 2009); Acre (STORCK-TONON *et al* 2009); São Paulo (REBÊLO; GARÓFALO 1991, 1997); Bahia (AGUILAR 1990, NEVES; VIANA 1997); Rio Grande do Sul (WITTMAN *et al* 1988) e Paraná (SANTOS; SOFIA 2002, SOFIA; SUZUKI 2004).

A partir daí, métodos de captura para machos de Euglossina tem permitido uma compreensão satisfatória da diversidade, riqueza e dinâmica ecológica da população dessas abelhas bastante ariscas. Entre os métodos tradicionais de captura têm-se os de iscas-odores, com auxílio de redes entomológicas, e o de armadilhas aromáticas, com auxílio de garrafas PET. A metodologia de iscas-dores com o auxílio de redes entomológicas, desenvolvida por Rebêlo e Garófalo (1991), tem se mostrado mais frequente, haja a vista a percepção imediata, pelo coletor, da presença das espécies,

seguida de uma ação humana que culmine na captura do (s) indivíduo (s) com auxílio de redes entomológicas. Somam-se aí outros objetivos como verificação de recaptura e frequência de visita (SOFIA; SUZUKI 2004, MILET-PINHEIRO; SCHLINDWEIN 2005, CARVALHO *et al* 2006, SILVA; REBÊLO 2009).

A metodologia de armadilhas odoríferas tem sido usada de forma esporádica, ao longo dos anos, para respostas pontuais e locais de difícil acesso. A exemplo disso Campos *et al* (1989), inventores deste método, defendem que a mesma apresenta resultados bastante satisfatórios em ambiente amazônico, onde ocorre elevada oferta de recursos e elevada riqueza e diversidade de espécies. Trabalhando na restinga do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses envolvido por Cerrado, Caatinga e Floresta Pluvial, Silva *et al* (2009), obtiveram alta riqueza e diversidade quando comparada a outras áreas de similaridade ambiental como: Mata Ciliar/Dunas (NEVES; VIANA 1997), Mata Atlântica/Cerrado (NEMÉSIO; SILVEIRA 2007), Cerrado (ALVARENGA *et al* 2007), Dunas (VIANA *et al* 2002) e Dunas/restinga (FARIAS *et al* 2008). Entretanto, deve-se ressaltar que a metodologia de armadilhas aromáticas usadas pelos autores foi suplementada com o auxílio de redes entomológicas, no intuito de capturar o maior número possível de espécimes de Euglossina.

Comparações e abordagens genéricas entre os métodos de captura prejudicam estudos que versam sobre a distribuição dos Euglossina (MORATO 1998). Além disso, Nemésio & Morato (2006) acrescentam que a variação do número de aromas ofertados e o tempo de exposição sazonal (mensal) ou diário provavelmente mascaram as análises ecológicas do grupo. Em outro trabalho, Nemésio & Morato (2004) mesmo verificando que as redes entomológicas podem ser cerca de quatro vezes mais eficiente do que as coletas com armadilhas, tanto para abundância quanto para riqueza de espécies, viram-se

limitados da mesma forma que Becker *et al* (1991), que tiveram número amostral muito pequeno, inviabilizando assim a confiabilidade das suas conclusões.

Somente após os resultados de Nemésio & Morato (2006), obtidos de fragmentos Florestais Amazônicos no Acre, foi possível não apenas, encontrar dados significativos acerca da eficiência entre esses métodos, como inferir acerca dos principais motivos que distorcem as análises da estrutura de comunidades de Euglossina. Apesar disso, comparações entre os métodos de coleta para outros ambientes, áridos, por exemplo, que ainda não foram testados e replicados, podem até mesmo sugerir novas hipóteses, ou fortalecer aquelas que fazem parte do volume de conhecimento atual. Investigações dessa natureza podem fornecer importantes indicadores para elaborações coerentes de políticas de conservação e manejo, em escala local, não só para esta comunidade como para outros grupos de animais que apresentam vieses em suas metodologias de coleta.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, J.B.V. **Contribuição ao conhecimento dos Euglossina do Estado da Bahia, Brasil**. 1990. 96fls. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas (Zoologia)) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.
- ALBUQUERQUE, P.M.C.; FERREIRA, R.G; RÊGO, M.M.C. Levantamento da fauna de abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) na região da “Baixada Maranhense”: Vitória do Mearim, MA, Brasil. **Acta Amazonica** v.31, p.419-430, 2001.
- ALVARENGA, P. E. F; FREITAS, R.F; AUGUSTO, S. C. Diversidade de Euglossini (Hymenoptera: Apidae) em áreas de Cerrado do Triângulo Mineiro, MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia v.23, Supplement 1, p. 30-37, 2007.
- ANJOS-SILVA, E. J. Occurrence of *Eulaema* (*Apeulaema*) *pseudocingulata* Oliveira (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) in the Platina Basin, Mato Grosso State, Brazil. **Neotropical Entomology** 36(3): 484-486, 2007.
- ANJOS-SILVA, E. J.; REBÊLO, J. M. M. A New species of *Exaerete* (Hymenoptera: Apidae) from Brazil. **Zootaxa**, v.1105, p. 27-35, 2006.
- APPEZZATO-DA-GLORIA, B. Morfologia de sistemas subterrâneos: histórico e evolução do conhecimento no Brasil. **Ed. Alexandre Sene Pinto**, Ribeirão Preto, 2003.
- AUGUSTO, S.C.; GARÓFALO, C.A. Nidificação de *Euglossa* (*Euglossa*) *melanotricha* Moure (Hymenoptera: Apidae) no solo do cerrado. **Neotropical Entomology** v.36, p.153-156, 2007.
- BECKER, P.; MOURE, J.S.; PERALTA, F.J.A. More about Euglossine bees in Amazonian forest fragments. **Biotropica**, v.23, p.586-591, 1991.
- BROWN-JR, K. S. Insetos indicadores da História, Composição, Diversidade e Integridade de Matas Ciliares. *In: Matas Ciliares: Conservação e recuperação* (Eds: R. R. Rodrigues & H. F. Leitão-Filho, Eds.). Edusp/Fapesp, p. 223-232, 2001.
- BRITO, C.M.; RÊGO, M.M.C. Community of male Euglossini bees (Hymenoptera: Apoidea) in a Secondary Forest, Alcântara, MA, Brazil. **Brazilian Journal of Biology** v.61, p.631-638, 2001.
- CAMERON, S. A. Phylogeny and Biology of Neotropical Orchid Bees. **Annual Review of Entomology** v.49, p. 377- 404, 2004.
- CAMPOS, L. A. O; SILVEIRA, S. A; OLIVEIRA, M. L.; ABRANTES, C. V. M.; MORATO, E. F.; MELO, G.A.R. Utilização de armadilhas para captura de machos de Euglossini (Hymenoptera: Apoidea). **Revista Brasileira de Zoologia** v. 6, n.4, p. 621-626, 1989.
- CARVALHO, C.C.; RÊGO, M.M.C.; MENDES, F.N. Dinâmica de populações de Euglossina (Hymenoptera, Apidae) em mata ciliar, Urbano Santos, Maranhão, Brasil. **Iheringia, Série Zoológica**. v.96.n.2.p.251-256, 2006.
- COUTINHO, L. M. O conceito de Cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* 1:17–23, 1978.
- DODSON, C.H.; FRYMIRE, G.P. Natural pollination of orchids. **Missouri Botanical Garden Bulletin** v.49, p.133-152, 1961.
- DODSON, C. H.; DRESSLER, R. L.; HILLS, H. G.; ADAMS, R. M.; WILLIAMS, N. H. Biologically active compounds in orchid fragrances. **Science** v.164, p.1243-1249, 1969.
- DRESSLER, R. L. Biology of orchid bees (Euglossini). **Annual Reviews in Ecology and Systematics** v.13, p.373-394, 1982.
- FARIAS, R. C. A. P, MADEIRA-DA-SILVA, M. C, PEREIRA-PEIXOTO, M. H; Martins, C. F. Composição e sazonalidade de espécies de Euglossina (Hymenoptera,

- Apidae) em mata e duna na área de proteção ambiental da Barra do Rio Mamanguape, Rio Tinto, PB. **Neotropical Entomology** v.37, p.253-258, 2008.
- FIGUEIREDO, N; ANDRADE, G. V. Estrutura e composição florística da vegetação de um Cerradão (Nivaldo Figueiredo e Gilda Vasconcellos Andrade. *In: Cerrado Norte do Brasil* (Barreto, L.; Org). USEB. p.141-146, 2007.
- FREITAS, R. F. **Diversidade e Sazonalidade de Abelhas Euglossini Latreille (Hymenoptera: Apidae) em fitofisionomias do bioma Cerrado em Uberlândia, MG.** 2009.65fls. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais). Universidade Federal de Uberlândia, 2009.
- JANSEN, D.H.; DEVRIES, P.J.; HIGGINS, M.L.; KINSEY, L.S. Seasonal and site variation in Costa Rican Euglossini bees at chemical baits in lowland deciduous and evergreen forest. **Ecology** v.63, p.66-74, 1982.
- LOPES, A.S.; COX, F.R. Cerrado vegetation in Brazil: an edaphic gradient. **Agronomical Journal** v.69, p. 828-831, 1977.
- MENDES, F.N.; RÊGO, M.M.C.; CARVALHO, C.C. Abelhas Euglossine coletadas em Monocultura de Eucalipto circundada por Cerrado em Urbano Santos, Maranhão, Brasil. **Iheringia, Série Zoológica**, v.98, p.285-290, 2008.
- MICHENER, C. D. The bees of the world. Johns Hopkins, Baltimore, London. 2000.
- MILET-PINHEIRO, P., SCHLINDWEIN, C. Do euglossine bees (Apidae, Euglossini) leave tropical rainforest to collect fragrances in sugarcane monocultures? **Revista Brasileira de Zoologia** Curitiba v.22, n.4, p. 853-858, 2005.
- MORATO, E.F.; CAMPOS, L.A.; MOURE, J.S. Abelhas Euglossini (Hymenoptera, Apidae) coletadas na Amazônia central. **Revista Brasileira de Entomologia** v.36, p.767-771, 1992.
- MORATO, E. F. Abundância e riqueza de machos de Euglossinae em mata de terra firme e área de derrubada, nas vizinhanças de Manaus (Brasil). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi** v.10, p.95-105, 1994.
- MORATO, E. F. Estudos sobre comunidades de abelhas Euglossini. **Anais Encontro sobre abelhas** v.3, p.135-143, 1998.
- MOURA, D. C.; SCHLINDWEIN, C. Mata ciliar do Rio São Francisco como biocorredor para Euglossini (Hymenoptera: Apidae) de florestas tropicais úmidas. **Neotropical Entomology** 38:281–284, 2009.
- MOURE, J.S.; SCHLINDWEIN, C. Uma nova espécie de Euglossa (*Euglossella*) Moure do Nordeste do Brasil (Hymenoptera: Apidae). **Revista Brasileira de Zoologia** v.19, n.2, p. 585-588, 2002.
- NEMÉSIO, A.; FARIA-JR, L. R. R. First assesment of the orchid bee fauna (Hymenoptera: Apidae: Apini: Euglossina) at Parque Estadual do Rio Preto, a cerrado area in southeastern Brazil. **Lundiana** v.5, p.113-117, 2004.
- NEMÉSIO, A.; SILVEIRA, F. A. Orchid bee fauna (Hymenoptera: Apidae: Euglossina) of Atlantic Forest fragments inside an urban area in southeastern Brazil. **Neotropical Entomology** 36: 186-191, 2007.
- NEMÉSIO, A; MORATO, E. F. Euglossina (Hymenoptera: Apidae: Apini) of the Humaitá Reserve, Acre state, Brazilian Amazon, with comments on bait trap efficiency. **Revista de Tecnologia e Ambiente** 10: 71-80, 2004.
- NEMÉSIO, A; MORATO, E. F. The orchid-bee fauna (Hymenoptera: Apidae of Acre state (northwestern Brazil) and a re-evaluation of euglossine bait-trapping). **Lundiana** v.7, n.1, p. 59-64, 2006.
- NEVES, E.L.; VIANA, B.F. Inventário da fauna de Euglossinae do baixo sul da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** v.14, p.831-837, 1997.

- NIMER, E.; BRANDÃO, A. M. P. M. Balanço hídrico e clima da região dos Cerrados. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.
- OLIVEIRA, M. L. Três novas espécies de abelhas pertencentes ao gênero *Eulaema* (Hymenoptera: Apidae). **Acta Amazonica** v. 36, n.1, p.121 – 128, 2006.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; RATTER J.A. 1995. A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany** 52:14, 1995.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. In: **The Cerrados of Brazil: Ecology and natural history of a Neotropical savanna** (P.S. Oliveira & R.J. Marquis, eds.). Columbia University Press, New York, p.91-120, 2002.
- PEARSON, D.L.; DRESSLER, R.L. Two-year study of male orchid bee (Hymenoptera: Apoidea, Euglossini) attraction to chemical baits in low south-eastern Peru. **Journal of Tropical Ecology** v.1, p.37-54, 1985.
- POWELL, A.H.; POWELL, G.V.N. Population dynamics of male Euglossine bees in Amazonian Forest fragrances. **Biotropica**, v.19, p.176-179, 1987.
- PROGEA - Estudos ambientais e de Engenharia do Brasil. Assesment of environmental impact (EIA) v 1 Brasília, DF, **Embrapa Campo**, Companhia de Promoção Agrícola, 122p, 1995.
- RAMIREZ, S; DRESSLER, R. L; OSPINA, M. Euglossine bees (Hymenoptera: Apidae) from the Neotropical Region: A species checklist with notes on their biology. **Biota Colombiana** v.3, n.1, p.7-118, 2002.
- RASMUSSEN, C. Diversity and abundance of orchid bees (Hymenoptera: Apidae, Euglossini) in a Tropical Rainforest Succession. **Neotropical Entomology** v.38, p.66-73, 2009.
- RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annual Botanical** (Lond) v.80, p. 223–230, 1997.
- REBÊLO, J.M.M.; Garófalo, C.A. Diversidade e sazonalidade de machos de Euglossini (Hymenoptera, Apidae) e preferências por iscas odores em um fragmento de Floresta no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Biologia** v.51, p.787-799, 1991.
- REBÊLO, J.M.M.; GARÓFALO, C.A. Comunidades de machos de Euglossini (Hymenoptera: Apidae) em matas secundárias do nordeste do Estado de São Paulo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.26, p.243-255, 1997.
- REBÊLO, J.M.M.; CABRAL, A.J. Abelhas Euglossinae de Barreirinhas, Zona do litoral da Baixada Oriental Maranhense. **Acta Amazonica** v.27, p.145-152, 1997.
- REBÊLO, J. M. M.; SILVA, F. S. Distribuição das abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae) no Estado do Maranhão, Brasil. **Annual Society Entomological Brazilian** v.28, p.389-401, 1999.
- RIBEIRO, J.F. Comparação da concentração de nutrientes na vegetação arbórea e nos solos de um cerrado e um cerradão no Distrito Federal, Brasil. Tese de Mestrado, Universidade de Brasília, Brazil, 1983.
- ROUBIK, D.W.; ACKERMAN, J.D. Long-term ecology of Euglossini orchid-bus (Apidae: Euglossini) in Panamá. **Ecology** v.73, p.321-333, 1987.
- ROUBIK, D. W; HANSON, P. E. Abejas de orquídeas de la américa tropical. Biología y guía de campo. Editorial Inbio, Costa Rica. 352 p, 2004.
- SANTOS, A.M.; SOFIA, S.H. Horário de atividade de machos de Euglossinae em fragmento de Floresta Semidecídua no Norte do Estado do Paraná, **Acta Scientiarum** v.24, p.375-381, 2002.

- SILVA, O; RÊGO, M. M. C; ALBUQUERQUE, P. M. C; RAMOS, M. C. Abelhas Euglossina em área de restinga do nordeste do Maranhão. **Neotropical Entomology** v.38, p. 186-196, 2009.
- SILVA, F.S.; REBÊLO, J.M.M. Euglossini bees (Hymenoptera: Apidae) of Buriticupu, Amazonia of Maranhão, Brazil. **Acta Amazonica** v.29, p.587-599, 1999.
- SILVEIRA, G. C. A **Fauna de abelhas da subtribo Euglossina (Hymenoptera: Apidae) em duas áreas de Mata Estacional Semidecidual no Domínio do Cerrado em Uberlândia, MG**. 2010. 57fls. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. Universidade Federal de Uberlândia, 2010.
- SILVEIRA, F. A; MELO, G. A. R; ALMEIDA, E. A. B. Abelhas brasileiras: Sistemática e Identificação. **Ministério do Meio Ambiente**. 1ª Edição, Belo Horizonte. 2002.
- SOFIA, S.H.; SUZUKI, K.M. Comunidade de machos de abelhas Euglossina (Hymenoptera, Apidae) em fragmentos Florestais no sul do Brasil. **Neotropical Entomology**, v.33, p.693-702, 2004.
- SKOV, C.; WILEY, J. Establishment of the Neotropical orchid bee *Euglossa viridissima* (Hymenoptera: Apidae) in Florida. **Florida Entomologist** v.88, n.2, p.225-227, 2005.
- STORCK-TONON, D.; MORATO, E.F.; OLIVEIRA, M.L. Fauna de Euglossina (Hymenoptera: Apidae) da Amazônia Sul - Ocidental, Acre, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 39, n.3, p.693 – 706, 2009.
- VIANA, B. F.; KLEINERT, A. M. P.; NEVES, E. L. Comunidade de Euglossina (Hymenoptera, Apidae) das dunas litorâneas do Abaeté, Salvador, Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia** v.46, p.539-545, 2002.
- WITTMANN, D.; HOFFMANN, R.; SCHOLZ, E. Southern distributional limits of Euglossine bee in Brazil linked to habitats of the Atlantic and Subtropical Rain Forest (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). **Entomologia Generalis** v.14, p.53-60, 1988.
- ZIMMERMAN, J.K.; MADRINAN, S.R. Age structure of male *Euglossa imperialis* (Hymenoptera, Apidae, Euglossini) at nectar and chemical sources in Panama. **Journal Tropical Ecology** v.4, p.303-306, 1988.

3. CAPÍTULO 1

**Comunidade de Machos de Euglossina (Hymenoptera: Apidae) e Avaliação da
Suficiência Amostral dos Métodos Tradicionais de Coleta para a sua Captura em
Área de Cerrado no Nordeste Brasileiro, Balsas, MA**

Comunidade de Machos de Euglossina (Hymenoptera: Apidae) e Avaliação da Suficiência Amostral dos Métodos Tradicionais de Coleta para a sua Captura em Área de Cerrado no Nordeste Brasileiro, Balsas, MA

M W A MENDONÇA¹, M M C RÊGO ^{2,3}, J M M REBÊLO ^{3,4}.

¹ Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação, Universidade Federal do Maranhão – UFMA, Av. dos Portugueses, 1966, Cidade Universitária, CEP 65080-805, São Luís, Maranhão. E-mail: mwmendonca@yahoo.com.br

² Coleção do Laboratório de Estudos sobre Abelhas – LEACOL - Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses s/n, Campus do Bacanga – CEP: 65085-580, São Luís, Maranhão

³ Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, 1966, Cidade Universitária, CEP 65080-805, São Luís, Maranhão, Brasil

⁴ Laboratório de Estudos de Vetores, Universidade Federal do Maranhão-UFMA, Av. dos Portugueses, 1966, Cidade Universitária, CEP 65080-805, São Luís, Maranhão, Brasil

Comunidade de Machos de Euglossina (Hymenoptera: Apidae) e Avaliação da Suficiência Amostral dos Métodos Tradicionais de Coleta para a sua Captura em Área de Cerrado no Nordeste Brasileiro, Balsas, MA

ABSTRACT - A community of orchid bees from Northeast Cerrado was investigated in relation to the species composition and response to two methods of traditionally employed survey, scent baits and insect net, during the period from November/2010 to September/2011. A total of 1705 *Euglossina* males belonging to four genera and 18 species have also resulted from complementary efforts. The two methods of collecting evaluated have sampled 292 individuals, 14 species. Scent baits captured 83 individuals and 12 species, while the insect nets captured 209 individuals and 11 species. Two species were sampled exclusively on net, while three species were sampled exclusively on scent traps. Both richness and abundance were significantly different between the sampling methods. Insect net method captured more individuals and species per point than the trap and proved to be about four times higher on average than the scent bait method. Three new records are described for the Brazilian Cerrado, *Euglossa* (*Euglossa*) *despecta* (Moure), *Eulaema* (*Apeulaema*) *pseudocingulata* (Oliveira) and *Eulaema* (*Eulaema*) *meriana* (Oliver). The non-parametric estimators for the total effort indicate that about $\frac{1}{4}$ of *Euglossina* species that inhabit the study area were not captured. This study suggests that although the method of nets has been shown superior, the scent baits alone when adapted to cover large areas, increasing the number of sampling points, it can provide a good sampling of the fauna of these bees in Cerrado under the conditions of the present study.

KEYWORDS – Bees, Assemblage, insect net, scent baits, singletons

Introdução

Desde a descoberta dos compostos aromáticos, como método artificial de atração aos machos de *Euglossina* (Hymenoptera: Apoidea) (Dodson *et al* 1969), uma série de estudos ecológicos tem ampliado o conhecimento biogeográfico e taxonômico desta subtribo de abelhas neotropicais (Storti *et al* 2004, Nemésio 2006, Parra-H *et al* 2006, Oliveira, 2006a, Nemésio 2007, Silva & Rebêlo 2009, Nemésio 2011a, b, c). Embora a interação bioquímica destes compostos ainda não esteja clara, evidências recentes apontam que tais substâncias influenciem no processo de seleção sexual destas espécies (Eltz *et al* 1999).

No Brasil, a maioria das informações acerca destas abelhas, concentradas nos biomas amazônico e atlântico, tem auxiliado na caracterização da estrutura de comunidades, e/ou, em inferências acerca do ambiente em que estas abelhas estão inseridas (Peruquetti *et al* 1999, Silva & Rebêlo 2002, Tonhasca *et al* 2002, Neves & Viana 2003, Aguiar & Gaglianone 2008). No entanto, para outros biomas como o Cerrado, o escasso número de estudos tem subestimado consideravelmente a riqueza e estrutura de comunidades destas abelhas.

O cerrado maranhense por fazer parte de uma transição, caracterizada pela interação de vários componentes faunísticos de coberturas vegetais adjacentes, por estar submetido a uma intensa pressão antrópica em virtude do acelerado processo de expansão agrícola, habilita-se, em caráter emergencial, como área prioritária para a compreensão do seu atual estágio de preservação (Barreto 2007). Poucos foram os estudos realizados com *Euglossina* (Rebêlo & Cabral 1997, Rebêlo & Silva 1999, Carvalho *et al* 2006, Mendes *et al* 2008) e para a escala nacional, verifica-se que, embora a quantidade de trabalhos seja satisfatória em número (Maranhão - Rebêlo & Cabral 1997, Rebêlo & Silva 1999, Carvalho *et al* 2006, Mendes *et al* 2008; Bahia - Neves & Viana 2003 e Minas Gerais - Nemésio & Faria-Jr 2004, Alvarenga *et al* 2007, Freitas 2009, Silveira 2010), a maioria das amostragens são muito pontuais geograficamente, e restritas à porções específicas dos estados, seja em fragmentos

circundados por monoculturas ou matrizes urbanas. Registros recentes de espécies até então consideradas raras e restritas para determinados biomas, realizados em áreas nunca antes amostradas, têm revelado que algumas delas apresentam ocorrências bastante comuns para outros tipos de fitofisionomias (Anjos-Silva 2007). No entanto, reamostragens numa mesma área, também têm permitido auxiliar no monitoramento destas espécies, como é o caso da espécie rara, *Euglossa (Euglossela) decorata* (Smith), que segundo dados ainda não publicados de Freitas *et al.* (Silveira 2010) pode estar mantendo populações viáveis ao longo do tempo, após 10 anos do seu primeiro registro no Cerrado mineiro.

O papel como agentes polinizadores aliado a sensibilidade às alterações do habitat, justifica os principais motivos encontrados em diversos estudos envolvendo espécies de Euglossina (Dodson & Frymine 1961, Dressler 1968, Powell & Powell 1987, Maués *et al* 2008, Nemésio & Silveira 2010). Tais fatos têm instigado inúmeros trabalhos em boa parte na região neotropical, sobre a estrutura, abundância e riqueza destas abelhas em coberturas vegetais distintas (Jansen *et al* 1982, Powell & Powell 1987, Wittman *et al* 1988, Zimmermann & Madridnan 1988, Becker *et al* 1991, Storck-Tonon *et al* 2009).

Outra relação importante é a investigação da fauna das abelhas Euglossina com os fatores ambientais. Diversos trabalhos analisam estas informações por meio correlações (Peruquetti *et al* 1999; Carvalho *et al* 2006; Rasmussen 2009). Tais informações servem não só para se saber como as espécies são influenciadas pelos fatores não bióticos mas principalmente para se entender os padrões de sazonalidade e comportamento da comunidade de abelhas frente as alterações climáticas.

No monitoramento da biodiversidade e condução de inventários de artrópodes, um aspecto importante é estabelecer métodos padronizados para a amostragem, dotados de menos vieses possíveis, que possam vir a ser comparados a outros estudos (Wang *et al* 2001). Quando o objetivo é amostrar a comunidade de Euglossina, dois métodos de captura são

comumente utilizados, redes entomológicas e armadilhas aromáticas. Nas capturas com redes entomológicas um coletor permanece, ao longo das primeiras horas da manhã, durante todo o tempo de exposição do aroma artificial (Nemésio & Faria-Jr 2004, Sofia *et al* 2004, Rasmussen 2009, Silveira *et al* 2011), enquanto no outro método utiliza-se um recipiente semiaberto, onde é colocado um aroma artificial, e as abelhas capturadas são removidas no final do dia ou início da manhã seguinte (Campos *et al* 1989, Becker *et al* 1991, Morato 1994, Freitas 2009, Silveira 2010).

Comparações e abordagens genéricas entre os métodos de captura prejudicam estudos que versam sobre a distribuição dos Euglossina (Morato 1998). Além disso, Nemésio & Morato (2006) acrescentam que a variação do número de aromas ofertados e o tempo de exposição sazonal (mensal) ou diário provavelmente mascaram as análises ecológicas do grupo. Em outro trabalho, Nemésio & Morato (2004) mesmo verificando que as redes entomológicas podem ser cerca de quatro vezes mais eficiente do que as coletas com armadilhas, tanto para abundância quanto para riqueza de espécies, viram-se limitados da mesma forma que Becker *et al* (1991), que tiveram número amostral muito pequeno, enviesando seus resultados.

Somente após os resultados de Nemésio & Morato (2006), obtidos de fragmentos Florestais Amazônicos do Acre, foi possível não apenas encontrar dados significativos acerca da eficiência entre esses métodos, como inferir acerca dos principais motivos que distorcem as análises da estrutura de comunidades de Euglossina. Apesar disso, comparações entre os métodos de coleta para outros ambientes, áridos, por exemplo, que ainda não foram testados e replicados, podem até mesmo apresentar novas informações para estas abelhas, como informações relativas ao comportamento sazonal da comunidade em associação com as formações fitofisionômicas do Cerrado. Investigações dessa natureza podem fornecer importantes indicadores para elaborações coerentes de políticas de conservação e manejo, em

escala local, não só para esta comunidade como para outros grupos de animais que apresentam vieses em suas metodologias de coleta. Dessa forma, o objetivo deste artigo é caracterizar a comunidade de machos de *Euglossina*, assim como avaliar a eficiência entre os dois métodos tradicionais de captura para estas abelhas, armadilhas aromáticas e redes entomológicas, na vegetação de Cerrado do sul do Maranhão.

Material e Métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado em uma área de 950 ha pertencente a comunidade de Santa Luzia que está a 19 km do município de Balsas (7° 39'36''S, 46° 08' 50''O; $\approx$ 276 m acima do nível do mar), Estado do Maranhão, nordeste do Brasil (Fig 1). A região é reconhecida como um importante corredor entre a floresta Amazônica e o bioma da Caatinga (Progea, 1995). O clima para o Bioma Cerrado é tropical sazonal, e no geral é caracterizado por estação seca bem definida (maio a setembro), com média de precipitação mensal próxima dos 60 mm e temperatura mínima média de 18°C (junho a julho). Na estação chuvosa (setembro a abril), a média de precipitação é de 1.118mm e temperatura máxima em média de 26°C (Progea 1995). Para o município de Balsas, a média de precipitação anual é de 1.216mm (Brandão *et al* 2011).

A vegetação original da área de estudo pode ser classificada como Cerrado *sensu stricto*, com predomínio de árvores e arbustos apresentando fitofisionomicamente dois estratos de vegetação lenhosa, com as copas variando de 2 - 6m de altura, e um estrato herbáceo (Brandão *et al* 2011). A matriz da área de estudo, é composta por um mosaico com diferentes graus de perturbação, com pastagens até remanescentes de mata bastante preservados (observação pessoal).

Amostragem

Caracterização da fauna de Euglossina no Cerrado Maranhense

Adotou-se a classificação reconhecida por Silveira *et al* (2002), que reúne os euglossíneos na subtribo Euglossina (Hymenoptera, Apidae). Os nomes genéricos estão de acordo com Dressler (1982a, b, c), Rebêlo (2001), Roubik & Hanson (2004), que reconhecem cinco gêneros: *Aglae* (Lepeletier & Serville), *Eufriesea* (Cockerell), *Eulaema* (Lepeletier), *Euglossa* (Latreille) e *Exaerete* (Hoffmannsegg). Foram utilizadas as seguintes abreviaturas

para os gêneros de Euglossina a seguir: *Euglossa* = *Eg.*, *Eufriesea* = *Ef.*, *Eulaema* = *El.* e *Exaerete* = *Ex.*

Para a captura dos machos de Euglossina, foram usados dois métodos de coleta, armadilhas aromáticas e redes entomológicas, modificado de Campos *et al* (1989) (Fig 2) e Rebêlo & Cabral (1997), respectivamente. Buscando coletar o maior número de espécies da área, três aromas, eugenol (VETEC®), eucaliptol ou 1,8-cineol (FLUKA®) e vanilina (SYNTH®) foram adotados neste trabalho, por se mostrarem na literatura como aqueles “mais atrativos” aos machos em vegetação de Cerrado (Carvalho *et al* 2006, Mendes *et al* 2008, Freitas *et al* 2009).

O período de amostragem foi de novembro de 2010 a setembro de 2011. As coletas foram bimestrais com duração de oito dias, totalizando assim seis campanhas anuais. Neste estudo, as amostras provenientes dos métodos de coleta foram analisadas, para verificar a eficiência entre o método de armadilhas aromáticas e redes entomológicas quanto à composição, abundância e riqueza de machos de Euglossina, além da realização de uma caracterização da euglossinofauna existente no cerrado meridional maranhense, a nível local.

Para as armadilhas aromáticas, três transectos de 1.600m foram traçados contendo três pontos de amostragem (totalizando 9 pontos amostrais), um no centro e os outros dois em cada extremidade. Em cada ponto amostral, três aromas distintos estavam distanciados entre 10m e 20m (formando um triângulo retângulo). Este método foi aplicado durante cinco dias. Pela manhã as iscas de cada armadilha eram embebidas e repostas a cada duas horas (Souza *et al* 2005). Logo após o período de exposição das armadilhas, 7h às 17h, dois coletores realizaram a remoção dos indivíduos capturados em dois momentos, 12h e 17h, seguido do acondicionamento dos machos em sacos plásticos e etiquetagem com as datas de coleta e pontos amostrados. As amostras obtidas de apenas seis pontos por campanha, recolhidas até o horário das 12h (em virtude da literatura indicar uma maior frequência de visitas pela manhã

(Dodson et al., 1969; Zucchi et al., 1969), foram escolhidas ao acaso e serviram para verificar a eficiência de captura com as amostras provenientes do método de redes entomológicas. Enquanto que as amostras do período total de exposição das armadilhas, procedentes de 09 pontos amostrais, incluindo aquela para comparação da eficiência entre os métodos de coleta, serviram para a caracterização da composição da comunidade de machos das abelhas *Euglossina*.

Nos três dias seguintes, foi aplicado o método de redes entomológicas no intuito de comparar a eficiência das amostras com o método de armadilhas aromáticas e de complementar a caracterização da composição, abundância e riqueza da fauna dessas abelhas. Dois transectos adicionais, na área, para a amostragem com redes entomológicas, foram delineados paralelamente à 450m de apenas dois dos três usados no outro método (Fig 3). Cada transecto seguiu a mesma metodologia usada nas armadilhas aromáticas, onde em cada ponto amostral, três aromas distintos foram distanciados entre 10m e 20m (formando um triângulo retângulo). As coletas foram realizadas por dois coletores simultaneamente, um por transecto. A cada dia, das 7h às 12h, dois pontos do transecto foram amostrados, totalizando seis pontos amostrais para o método de redes entomológicas. Em cada ponto, o mesmo número e natureza das essências foram mantidos.

Dessa forma, foram usados cinco transectos durante oito dias em campo. Três, para a coleta de machos de *Euglossina* amostrados pelo método de armadilhas aromáticas, durante cinco dias, e dois para as amostragens realizadas pelo método de redes entomológicas, durante três dias em campo.

Todos os indivíduos capturados com armadilhas aromáticas foram mortos ao caírem em água com detergente neutro colocados no interior do recipiente no final do dia. No outro método, foram usadas câmaras mortíferas contendo acetato de etila. Após isso, os indivíduos foram alfinetados e depositados na coleção do Laboratório de Estudos sobre abelhas – *Lea*,

Universidade Federal do Maranhão. Os espécimes foram identificados com o auxílio de chaves e estudos taxonômicos recentes sobre o grupo (Dressler, 1982 a, b, c, Rebêlo 2001, Roubik & Hanson 2004, Bembé, 2004, 2007, Oliveira 2006b, 2007, Nemésio 2009) ou por comparações com outros espécimes presentes na coleção-chave, previamente identificados por especialistas.

Análise dos dados

Eficiência dos métodos de amostragem e composição de machos de *Euglossina*

Para estimar e comparar a eficiência amostral da fauna de abelhas *Euglossina*, curvas de acumulação de espécies (número acumulado de espécies coletadas *versus* medidas de esforço amostral) foram construídas (1000 aleatorizações) para as amostras provenientes de cada método de coleta (armadilhas e redes) e analisados tanto juntos quanto separadamente. Para verificar a suficiência amostral, estimadores não paramétricos, ICE Mean (Estimador de cobertura baseado na incidência - presença/ausência das espécies), Chao 1 (número de espécies registradas em uma das ocasiões durante todo período amostral), Chao 2 (número de espécies registradas em uma ou duas ocasiões durante todo período amostral), Jack 1 (Jackknife de 1ª ordem - número de espécies que ocorrem em somente uma amostra) e Jack 2 (Jackknife de 2º ordem - baseia-se no número de espécies que ocorrem em uma assim como duas amostras), foram calculados pelo programa EstimateS v.7.0.1 (Cowell 1997).

Complementando a verificação da eficiência amostral entre os métodos de coleta, em termos de tamanho de amostras geradas, o número de indivíduos coletados em cada ponto (seis pontos/método de coleta) foi dividido pelo número de amostras (6) e posteriormente comparado, após seleção aleatória sem reposição, com outro ponto procedente do método de coleta oposto (modificado de Nemésio & Morato 2006). Seguindo o mesmo autor (Nemésio & Morato 2006), para medir a eficiência em termos do número de espécies foram analisadas as amostras de ambos os métodos com e sem a exclusão das espécies representadas por

apenas um indivíduo (*singletons*). E por último, foi usado o Teste de Wilcoxon para verificar se havia diferença significativa entre os dois métodos de amostragem ($\alpha = 0,05$). Como se tratam de amostras pareadas e que não possuem distribuição normal (Shapiro-Wilks; $\alpha = 0,05$), esse teste é o mais adequado (Systat 1997). Neste teste, os empates são desconsiderados e por essa razão foram consideradas 31 amostras ao invés de 36 (06 pontos para ambos os métodos, durante 06 campanhas $(6 \times 6) = 36$ amostras), além disso, o mesmo faz inferências acerca de diferenças entre dois (pares) ou mais grupos quanto à quantidade de informações, neste caso abundância e riqueza de espécies.

Outras duas curvas de acumulação de espécies, em função do número de amostras obtidas nos nove pontos com armadilhas aromáticas (270 amostras) e em função do número de pontos totais (306 amostras, 270 amostras do método de armadilhas mais 36 amostras obtidas pelo método de redes com os seis pontos) amostradas pelos dois métodos (eficiência total = *overall efficiency*), serviram para suplementar as análises das estimativas acerca da eficiência amostral quanto aos efeitos do número de pontos amostrais na composição, abundância e riqueza de espécies de Euglossina da área de estudo.

Dados locais de temperatura máxima e mínima e umidade relativa foram aferidos a cada hora, durante o período diário de amostragem (7-17h).

Para complementar a caracterização da comunidade, a proporção de machos capturados, entre os períodos de estiagem e chuvoso, foi analisada através do Qui-quadrado (χ^2 , $p < 0,05$). Além disso, análises de correlação paramétricos foram feitas, através do coeficiente de correlação de Pearson (r), entre o número de espécimes capturados e as médias da temperatura e umidade relativa do ar e entre o número de indivíduos e de espécies ao longo do ano. Estes testes foram feitos pelo software R v.2.14.1.

Resultados

Caracterização da Comunidade de machos de Euglossina

Foram coletados 1705 machos de Euglossina pertencentes a quatro gêneros e 18 espécies (Tabela 1). Nas amostras, *Eulaema (Apeulaema) nigrita* (Lepeletier) (39,9%), *Euglossa (Euglossa) carolina* (Nemésio) (14,2%) e *Euglossa (Euglossa) securigera* (Dressler) (13,7%) representaram aproximadamente 68% da composição de espécies, sendo assim as mais abundantes. *Eulaema* (Lepeletier) foi o gênero mais abundante (47%). Nove espécies estiveram representadas por menos de 1% cada (Tabela 1).

A curva de acumulação de espécies, obtida da soma dos esforços dos métodos de coleta empregados, não atingiu formato assintótico (Fig 4). Os valores obtidos da aplicação dos estimadores não paramétricos indicam que cerca de 25% das espécies de Euglossina que habitam a área de estudo não foram capturadas (Jackknife de 2ª ordem = $24,03 \pm 1,05$).

Analisando-se a abundância das abelhas Euglossina, não houve diferença ($\chi^2 = 0,8$; G.L. = 1; $p = 0,369$) na proporção de machos capturados nos períodos de estiagem e chuvoso. No entanto, no período chuvoso a riqueza foi maior (18) do que no período de estiagem (14) (Tabela 2). O período de maior atividade das espécies de abelhas ocorreu nos meses de maiores médias de umidade relativa e menores médias de temperaturas (Fig 7). Entretanto, não houve correlação significativa da abundância e nem da riqueza com nenhum dos dados atmosféricos testados (umidade relativa média local e temperatura média local). Quatro espécies foram exclusivas ao período chuvoso (Tabela 2). A elevada abundância de indivíduos verificados nas coletas de maio-junho/2011 deve-se a presença de duas espécies que se mostraram abundantes apenas nesse período, *Eg. carolina* e *Eg. fimbriata*.

A abundância, riqueza e diversidade da maioria dos trabalhos realizados em diversas localidades do domínio savânico brasileiro são mostrados na Tabela 3.

Eficiência entre os métodos de amostragem

Os dois métodos de coleta amostraram 292 indivíduos pertencentes a 14 espécies (Tabela 1, 4). Na comparação entre os métodos, as armadilhas aromáticas capturaram 83 indivíduos e 12 espécies, enquanto o método de redes, 209 indivíduos e 11 espécies (Tabela 1). Nove espécies mostraram-se comuns entre os métodos utilizados (Tabela 4). O gênero *Eulaema* foi mais abundante nas armadilhas do que coletado nas redes (Tabela 4). Dentro desse gênero, *El. nigrita*, destacou-se como mais abundante. *Euglossa despecta* e *Exaerete smaragdina* (Guérin) foram capturadas exclusivamente em redes, enquanto *Eufriesea ornata* (Mocsáry), *Euglossa (Euglossa) modestior* (Dressler) e *Euglossa (Euglossa) townsendi* (Cockerell) nas armadilhas (Tabela 1, 4). Com a exclusão das *singletons* constata-se que 09 espécies se mantêm quando verificada a soma das amostragens provenientes dos métodos de coleta, e destas, verifica-se que todas permanecem nas amostras procedentes das redes entomológicas e 08 em armadilhas (Tabela 4).

Quando verificada a eficiência entre os métodos de coleta em função das curvas de acumulação de espécies, constata-se que nenhuma delas atinge assíntota e que ocorre sobreposição dos desvios-padrão da riqueza observada entre os métodos (Fig 5). Dos valores obtidos da aplicação dos estimadores não paramétricos entre os métodos, verifica-se que as estimativas foram 67,3% e 74,17%, para armadilhas aromáticas e redes entomológicas, respectivamente (Fig 5).

Aumentando-se o número de pontos amostrais no método de armadilhas, 06 para 09, e mais o fator número de dias (Fig 6), 17 espécies são contabilizadas. Os estimadores não paramétricos para este caso estimam (Jackknife de 2ª ordem) que cerca de 85% das espécies que ocorrem na área estudada foram capturados. Da composição coletada, cinco são *singletons* (Tabela 1, 4). Excluindo as *singletons* de todas as amostras permanecem apenas 12 espécies.

Tanto a riqueza (Wilcoxon, $z = 3,34$, $p < 0,005$) quanto a abundancia (Wilcoxon, $z = 3,43$, $p < 0,005$) foram significativamente diferentes entre os métodos amostrados. Entre as comparações, a captura com redes entomológicas foi mais eficiente que o método de armadilhas aromáticas tanto na abundancia quanto na riqueza de espécies, respectivamente, 78,5% e 75% dos casos.

Em se tratando do número de indivíduos, em todos os pares de pontos postos à comparação entre os métodos, a captura com redes entomológicas, além de eficientes (Tabela 4), mostrou-se cerca de quatro vezes superior em média, do que o método de armadilhas aromáticas ($3,7 \pm 2,7$).

Discussão

Caracterização da Comunidade de machos de Euglossina

Das informações sobre comunidades de Euglossina para o Cerrado, tem-se um número restrito e fragmentado de estudos ao norte (Rebêlo & Cabral 1997, Rebêlo & Silva 1999, Carvalho *et al* 2006, Mendes *et al* 2008) e ao sul dessa cobertura vegetal (Neves & Viana 2003, Nemésio & Faria-Jr. 2004, Alvarenga *et al* 2007, Freitas 2009, Silveira 2010), o que produz um registro de 32 espécies.

Com os resultados do presente estudo, três novos registros são descritos para domínio savânico brasileiro, *Eg. despecta* (Moure), *Eulaema (Apeulaema) pseudocingulata* (Oliveira) e *Eulaema (Eulaema) meriana* (Oliver). Além destes, acrescenta-se *Euglossa (Euglossa) amazonica* (Dressler) para os cerrados do Maranhão. Assim a lista de Euglossina deste bioma é atualizada para 35 espécies. Após esta atualização, constata-se que 51,4% da comunidade de machos de Euglossina até então conhecida do Cerrado, foi amostrada neste estudo.

Eulaema (Apeulaema) nigrita (Lepeletier) e *Euglossa (Euglossa) carolina* (Nemésio), espécies mais comuns ocorridas neste trabalho, também estão entre as mais registradas para o Cerrado, nos fragmentos urbanos de Minas Gerais (Alvarenga *et al* 2007, Silveira 2010) e nas

áreas limítrofes com o litoral norte do Estado do Maranhão (Rebêlo & Cabral 1997). Em outros estudos (Mendes *et al* 2008, Carvalho *et al* 2006), a alta frequência de *Eg. carolina* em detrimento da baixa frequência de *El. nigrita*, provavelmente deve estar relacionada à similaridade existente entre os fragmentos envolvidos nesses estudos (Mata Mesofítica, monocultura de eucalipto e Mata de galeria), agindo diretamente na oferta de recursos; o tamanho dos fragmentos; ou até mesmo a influência da vegetação do entorno (Carvalho *et al* 2006).

Outras espécies como *Euglossa* (*Euglossa*) *securigera* (Dressler) e *Euglossa* (*Euglossa*) *fimbriata* (Moure), também registradas neste trabalho entre as mais frequentes, não apresentam o mesmo padrão quando comparados à literatura disponível. Estas espécies fazem parte de um grupo comumente encontrado nas áreas mistas do Maranhão, estendendo-se além dos limites do Estado podendo avançar em direção às áreas mais secas do Nordeste e do eixo Centro-Sul do Brasil (Rebêlo & Silva 1999). No Maranhão, apenas dois indivíduos de *Eg. securigera* são registrados em Mata de galeria no município de São Benedito do Rio Preto (M H M Magalhães (dados inéditos) *Apud* Mendes *et al* 2008), enquanto que machos de *Eg. fimbriata*, representados por 03 indivíduos, são coletados em Barreirinhas (Rebêlo & Cabral 1997). Em Minas Gerais, estas espécies se mostram ausentes ou raras (Alvarenga *et al* 2007, Freitas 2009, Silveira 2010).

A elevada abundância de *Eg. securigera* neste estudo, independente dos períodos do ano e dos métodos usados (redes e armadilhas), categorizando-a como uma das espécies mais comuns, refuta a idéia de que sua população seria pouco abundante independente do ecossistema em que ocorrem (Nemésio 2009), apesar da ampla distribuição que possuem. Em estudo realizado em Minas Gerais, Nemésio & Faria-Jr (2004) sugerem que *Eg. fimbriata* seria típica de áreas de floresta. Seguindo outros autores (Silva & Rebêlo 2009, Anjos-Silva, 2007), a elaboração e extrapolação de padrões biogeográficos ou de estruturação de

comunidade para as abelhas *Euglossina* devem ser consideradas com cautela. É provável que estudos como este, cada vez mais, estimulem a busca pelo conhecimento das abelhas das orquídeas em áreas nunca antes estudadas. A abundância de *Eg. securigera* e *Eg. fimbriata* pode ser uma resposta indireta da qualidade ambiental da área de estudo e do seu entorno, haja a vista que todo o fragmento é envolvido por uma matriz constituída por várias manchas de vegetação e por uma extensa área bem preservada de mata de galeria, que margeia o rio Balsas, o que em termos ambientais se traduz em regiões de amortecimento à fauna e flora existentes, e em termos ecológicos em fontes de resiliência para a manutenção da cobertura vegetal do Cerrado daquela área. Outra espécie comum foi *Euglossa melanotricha*. Esta espécie é caracterizada como sendo comumente encontrada em áreas de vegetação aberta (Silveira *et al* 2002), possuindo grande abundancia em áreas de cerrado (Nemésio & Faria-Jr 2004).

Outro indício de que esta área, em conjunto com seu entorno, desempenhe importante papel à diversidade local, é o diagnóstico indireto da presença de pegadas de *Puma concolor* (Linnaeus), um mamífero de topo de cadeia, que segundo Terborgh *et al* (1999), são espécies que desempenham importante função de regulação nos processos ecológicos mantenedores da biodiversidade. Somam – se a este, pegadas de cervídeos (potenciais presas para a suçuarana que frequenta aquela área de estudo), *Ozotocerus bezoarticus* (Linnaeus) e *Mazama gouazoubira* (Fischer), tatús-peba (*Euphractus sexcinctus* (Linnaeus)) e cotias (*Agouti* sp. (Linnaeus)). Estes registros corroboram os registrados por Oliveira *et al* (2007), os quais apesar de constatarem que a caça (para a alimentação e para o controle da predação) está entre as principais causas que ameaçam as espécies em risco de extinção, principalmente felinos e cervídeos, sugerem ainda que esta área seja a melhor e mais extensa porção de Cerrado não-alterado existente no Brasil.

De todas as amostragens realizadas no Cerrado (Rebêlo & Cabral 1997, Rebêlo & Silva 1999, Neves & Viana 2003, Nemésio & Faria-Jr. 2004, Carvalho *et al* 2006, Alvarenga *et al* 2007, Mendes *et al* 2008, Freitas 2009, Silveira 2010), esta parece ser a maior tanto em número de indivíduos quanto em número de espécies. No entanto, áreas de matas mais densas e úmidas ou florestas remanescentes como as Florestas, Atlântica e Amazônica, apresentam um padrão de riqueza de espécies bem maior (Powell & Powell 1987, Becker *et al* 1991, Morato *et al* 1992, Oliveira & Campos 1995, Tonhasca *et al* 2002, Nemésio & Morato 2006, Nemésio & Silveira 2006).

Quanto maior for o esforço amostral, a separação temporal das coletas e a heterogeneidade de ambientes, maior será a probabilidade de se coletar espécies raras e, portanto maior a riqueza (Stork-Tonon *et al* 2009). Nos dados do presente estudo, todos estes fatores em conjunto, com certas limitações quanto ao espaço, são os prováveis candidatos à captura de um número tão expressivo de espécies, como a presença de três espécies do gênero *Eufriesea*, coletadas como *singletons*, o que pode ser indicativo de espécies raras ou espécies insuficientemente amostradas. Neste estudo, todas as espécies do gênero *Eufriesea* foram capturadas apenas entre os meses de janeiro e fevereiro/2011. Segundo Dressler (1982), este gênero tem se mostrado ativo durante 1 ou 2 meses no ano, refletindo dessa forma a razão de algumas espécies desse gênero serem bastante sazonais. A presença de cinco espécies de *Eufriesea*, nenhuma *singleton*, também é corroborado pelos resultados de Stork-Tonon *et al* (2009) como indicativo de espécies raras.

O padrão apresentado neste estudo pela comunidade de Euglossina, em que um grande número de espécies foi representado por poucos indivíduos e muitos indivíduos em menor número de espécies, é corroborado na literatura como reconhecido para toda a região Neotropical (Morato 1994, Rebêlo & Garófalo 1997, Silva & Rebêlo 2002, Sofia *et al* 2004).

A maioria dos estimadores não paramétricos aponta que o número de espécies amostradas poderia ser bem maior, acima de 20 espécies. Em trabalhos de inventários com insetos, é frequente principalmente na região tropical, não ocorrer estabilização da curva de acumulação provavelmente em virtude da elevada riqueza de espécies entre e dentro de diversos taxa (Gotelli & Cowell 2001). Moraes *et al.* (2006), estudando diversidade de insetos predadores em copas, mesmo trabalhando com cinco ordens e 10 famílias, não verificou comportamento assintótico da curva, da mesma forma que Roque *et al.* (2009) com drosofilídeos no Cerrado. A não estabilização da curva também pode refletir as flutuações das populações (forrageamento) de Euglossina em resposta apenas aquelas que foram atraídas pela disponibilidade de substâncias odoríferas artificiais. Já que na comunidade, variações na disponibilidade de néctar e pólen do ambiente, poderiam também influenciar tais flutuações das populações (Ackerman 1983), assim como complementar a outra parte não amostrada pela oferta de aromas artificiais para estas abelhas.

Os registros recentes de algumas espécies até pouco tempo atrás consideradas endêmicas da bacia amazônica como *Eg. amazonica* (Alagoas (Nemésio 2010) e Bahia (Nemésio 2011)), *Euglossa stilbonota* (Hoffmannsegg) (Maranhão (Silva & Rebêlo 2009)) e *El. pseudocingulata* (Mato Grosso (Anjos-Silva, 2007)) respectivamente, Floresta Atlântica, Mata dos Cocais e Bacia Platina tem ampliado a lista de espécies registradas entre biomas adjacentes ou formações vegetacionais distintas. A extensão da área de distribuição dessas espécies para além da Floresta Amazônica pode ser consequência da presença de áreas mais fechadas, como fragmentos de mata remanescentes, matas ciliares e locais sujeitos a inundação periódica, constituídos por vegetação mais densa (Silva & Rebêlo 2009) ou ocorrer da mesma forma que foi sugerida para *Eg. stilbonota* por Silva & Rebêlo (2009), onde a necessidade das espécies estaria sendo pressionada pela intensidade dos processos de transformação das matas nativas em floresta secundária.

Estas ocorrências são esperadas por vários autores (Anjos-Silva 2007, Nemésio *et al* 2007, Silva & Rebêlo 2009). Em relação a esse respeito, Dressler (1979) defende que as florestas presentes no Brasil Central funcionem como corredores e assim auxiliem na dispersão das abelhas amazônicas em direção ao sudeste do país, o que já vem sendo observado por outros pesquisadores para outros grupos de animais tido antes como estritamente amazônicos ou da Floresta Atlântica, como aves (Willis 1992), mamíferos (Redford & Fonseca 1986), lagartos (Vanzolini & Williams 1970) e plantas (Méio *et al* 2003). No Maranhão, a ocorrência de abelhas Euglossina, comuns da Floresta Amazônica, é provavelmente favorecida pela situação geográfica do estado, que compreende uma zona de transição entre essa floresta, o cerrado e o semiárido nordestino (Rebêlo & Silva 1999). Em Balsas (MA), o registro de espécies amazônicas e/ou atlânticas para a euglossinofauna do cerrado maranhense como, *Eg. amazonica*, *El. pseudocingulata*, *Eg. meriana* e *Eg. despecta*, sendo as três últimas para a fauna do Cerrado brasileiro caracterizam bem este contexto.

O registro de *El. pseudocingulata* na Bacia Platina por Anjos-Silva (2007) desmitificou uma série de informações a cerca desta espécie, entre as mais relevantes verifica-se que não se trata de uma espécie rara como sustentado por Oliveira (2006a, b), pelo contrário, a espécie é bastante comum da Bacia Platina chegando a ser mais abundante até que *Eulaema (Apeulaema) cingulata* (Fabricius), sugerida com simpátrica. Todos esses resultados são corroborados com os dados encontrados no presente estudo. *El. meriana* (Oliver), outra espécie do gênero *Eulaema* registrada pela primeira vez para o Cerrado brasileiro, faz parte de um complexo mimético muito comum e abundante de abelhas da América Central e Amazônia (Janzen *et al* 1982, Nemésio & Morato 2006, Stork-Tonon *et al* 2007, Nemésio, 2009) podendo se estender do México até o sudeste do Brasil (Roubik & Hanson 2004). Neste estudo a baixa abundância não apenas desta, como as demais que estiveram representadas similarmente, pode está relacionada à fraca afinidade em relação às essências usadas neste

trabalho (eucaliptol), baixa abundancia na estrutura de comunidades ou a flutuações sazonais destas abelhas em detrimento das coletas serem bimestrais.

Em recente estudo de revisão do grupo cordata (Bembé 2004), verifica-se, que mesmo após extinção do tipo *Eg. violaceifrons* (Rebêlo & Moure) por *Eg. despecta* (Moure), essa espécie continuaria com distribuição conhecida apenas para o domínio Amazônico (Roubik & Ackerman 1987) e para a Floresta Atlântica (Nemésio 2009). No entanto, verifica-se que esta espécie é registrada na área de estudo. Na literatura, esta espécie apresenta distribuição geográfica da América Central ao litoral do sudeste com distribuição conhecida apenas para a Floresta Amazônica (Pearson & Dressler 1985, Silva & Rebêlo 1999, Nemésio & Morato 2006), Atlântica (Nemésio 2011) e Floresta secundária (Silva & Rebêlo 2002).

A recente descoberta de *Eg. amazonica* à composição savânica (Silveira 2010) e Atlântica (Nemésio 2010) retorna-se a uma hipótese moderna (Nemésio 2009) de que haveriam grupos distintos de espécies muito próximas, representando assim diversas espécies, fato que poderia ser esclarecido com estudos de genética molecular, já que morfologicamente são muito difíceis de serem distinguidas.

Quanto ao padrão de sazonalidade apresentada pelos machos de Euglossina, como as espécies do gênero *Eufriesea*, alguns autores mostram que estas as espécies apresentam atividade restrita ao período chuvoso (Roubik & Ackerman 1987, Wittman *et al* 1988). Enquanto que algumas espécies pertencentes aos gêneros *Eulaema* e *Euglossa* são bastante conhecidas por apresentarem um largo pico sazonal (Silva & Rebêlo 1999, Carvalho *et al* 2006). O que é corroborado com a maioria das espécies, com exceção daquelas que foram coletadas em baixa densidade, *Eg. hemichlora* e *Eg. townsendi*. Ressalta-se que, pelas campanhas terem sido realizadas bimestralmente, o acesso às informações de sazonalidade para algumas espécies podem ter sido comprometidas, como é o caso de *El. cingulata* e *El. meriana*. O padrão de reprodução apresentado pelas espécies dos gêneros *Eufriesea*, é

discutida por Silva *et al* (2009) como estarem relacionadas à diapausa prepupal e a característica do univoltinismo apresentado por espécies deste gênero (Peruquetti & Campos 1997). Espécies que apresentam um largo pico sazonal, como *Eulaema* e *Euglossa*, podem ser explicadas pela ocorrência de multivoltinismo, vida longa e rápida multiplicação, características comuns às espécies tropicais, convergindo assim para uma sobreposição de gerações (Silva *et al* 2009). Para *Eg. hemichlora*, a baixa presença, como um indicativo de espécie rara é contrastada com os resultados de Carvalho *et al* (2006) que encontram esta espécie dentre as mais frequentes em estudo realizado em Urbano Santos (MA). Segundo Oliveira (1999), não apenas um, mas vários fatores bióticos e abióticos podem influenciar o comportamento diário e até mesmo sazonal dessas abelhas. Fatores bióticos poderiam estar envolvidos na determinação dos horários de atividade, como, por exemplo, a disponibilidade de substâncias odoríferas pelas plantas (Carvalho *et al* 2006). Dessa forma ocorre uma maior segurança para afirmar que apenas as espécies pertencentes ao gênero *Eufriesea*, apresentaram um padrão de sazonalidade definido, enquanto que *Eg. amazonica*, *Eg. carolina*, *Eg. chalybeata*, *Eg. despecta*, *Eg. fimbriata*, *Eg. melanotricha*, *Eg. modestior*, *Eg. securigera* e *El. nigrita*, mostraram-se presentes em todas as amostragens, e isentas de uma relação com os períodos chuvoso ou de estiagem.

Em uma área de Cerrado, distante 700 km da área de estudo, Rego (1998) constatou que o número de espécies floridas manteve-se relativamente constante, diferentemente de outros ecossistemas como caatinga, com períodos de seca mais intensa. Caso este padrão se estenda para todo o Cerrado maranhense, é provável que a floração do pool de espécies vegetais do Cerrado mantenha uma oferta constante de recursos e de nidificação para estas abelhas e também responda em conjunto com o que já foi levantado como causas, por esta composição de abelhas das orquídeas tão diversa como verificada neste estudo.

Eficiência entre os métodos de amostragem

Os dados do presente estudo indicam que, dependendo do método escolhido para amostragem, a fauna de Euglossina pode apresentar distorções tanto da abundância quanto na composição e riqueza de espécies, pelo menos em nível local, para parte das espécies. Quando verificadas as composições das espécies mais comuns, poucas se mantêm em ambos os métodos de coleta e na composição das espécies menos frequentes, essas diferenças ficam mais acentuadas. Em estudo realizado no Acre, Nemésio & Morato (2006) e Matoso *et al* (2011) demonstraram resultados bastante nítidos dessa diferença e verificam que o uso das armadilhas aromáticas ao subestimar a comunidade de machos de Euglossina, distorce a visão do pesquisador quanto à estrutura de comunidades.

A similaridade da riqueza sugerida pela sobreposição dos desvios-padrão e pelos estimadores de riqueza referentes à comparação das curvas de acumulação observadas entre os métodos de coleta, pode ser devido à presença das espécies que ocorrem em maior abundância na estrutura de comunidades ou aquelas espécies mais coletadas pelos métodos de amostragem, correspondendo àquelas que foram comuns e restritas após a exclusão das *singletons* entre os métodos de coleta proposto no estudo. Neste estudo, o número de *singletons* em armadilhas foi o dobro daquele encontrado nas redes, e pode explicar a diferença na composição de espécies quando verificadas aquelas mais e menos abundantes entre os métodos empregados. Nemésio & Morato (2006) postularam que em amostragens com armadilhas o número de indivíduos de *Euglossa* que são *singletons* ocorre em número bastante superior do que em redes. Com a remoção das *singletons*, em ambos os métodos, constata-se que a maioria espécies, com exceção de *Eg. despecta* e *El. pseudocingulata*, apresenta padrão de distribuição geográfica amplo (Rebêlo & Cabral 1997, Rebêlo & Silva 1999, Neves & Viana 2003, Carvalho *et al* 2006, Alvarenga *et al* 2007, Silveira 2010). É necessário chamar atenção para o fato de que *El. pseudocingulata* provavelmente apresente as

mesmas características de uma espécie comum, assim como *El. cingulata* (Anjos-Silva, 2007). No entanto, a existência de padrões distintos entre os grupos de espécies de *Eulaema* da Guiana Francesa (*El. cingulata*, *Eulaema* (*Apeulaema*) *fasciata* (Lepeletier) e *Eulaema* (*Apeulaema*) *cajennensis* (Lepeletier)) e as espécies de *Eulaema* da fauna Atlântica, fez com que Nemésio (2009) considerasse, apenas para esse bioma, *El. pseudocingulata* como sinonímia júnior de *El. cingulata*, enquanto *El. cingulata* como nova espécie, *Eulaema* (*Apeulaema*) *marcii* (Nemésio). É necessário que estas atualizações sejam incorporadas por todos aqueles que estudam comunidades de Euglossina, pois más interpretações assim como a própria ignorância a estes fatos podem conduzir a análises equivocadas principalmente acerca da abundância, riqueza e composição de espécies do gênero *Eulaema* em futuros estudos acerca da comunidade de machos de Euglossina. Dessa forma, é provável que nos próximos estudos sobre comunidades de Euglossina, realizados não apenas no Cerrado, *El. pseudocingulata* (para aquelas registradas fora da floresta Atlântica) por ocorrer em simpatria com *El. cingulata*, seja uma das mais comuns.

A exclusividade de *Ex. smaragdina* (01 indivíduo) verificadas nas coletas com rede pode ser explicada pela própria eficiência do método, haja a vista que indivíduos de *Ex. smaragdina* não foram coletados nas armadilhas e foram pouco abundantes na estrutura da comunidade (Aguiar & Gaglianone 2008). Enquanto, *Eg. despecta* (04 indivíduos), pode ser explicada pelo fato desta estar entre as mais abundantes registradas no estudo. Quando verificados todos os indivíduos quanto ao gênero, *Euglossa* chega a representar quase metade da composição de espécies, enquanto *Eulaema*, a maioria.

Quando verificados todos os indivíduos quanto ao gênero, capturadas pelas armadilhas aromáticas, *Euglossa* chega a representar quase metade da composição de espécies, enquanto *Eulaema*, a maioria. Essa diferença na abundância entre os gêneros, *Eulaema* e *Euglossa*, quando coletadas em armadilhas, deve-se em parte ao comportamento agressivo apresentado

por ambos os gêneros, pois indivíduos de *Euglossa* podem ser intimidados por indivíduos de *Eulaema* na tentativa de coletar as essências, diminuindo assim as chances de captura de indivíduos desse gênero (Nemésio & Morato 2006). Em lugares onde indivíduos de *Eulaema* são bastante abundantes, a relação entre esses gêneros pode ainda ser bem mais acentuadas (Nemésio & Morato 2006). Durante a coleta das essências, no sítio de estudo, indivíduos de *Euglossa* foram observados sofrendo ataques, durante encontros simultâneos às iscas, com indivíduos de *Eulaema*. Outros fatores poderiam afetar a diferença observada na amostragem entre os métodos, a exemplo tem-se a diferença no tempo de permanência na isca, durante a coleta da fragrância, e o bloqueio da entrada das armadilhas durante algum tempo, o que comprometeria a entrada de outro potencial indivíduo para amostra (Nemésio & Morato 2006).

O aumento do número de pontos amostrais assim como o período de exposição das armadilhas (7-18h), apesar de ter acrescentado 03 espécies à amostragem total, continuou apresentando *singletons*, reafirmando assim que nesse método, a presença de espécies com apenas um indivíduo é um padrão (Nemésio, 2006). Estes resultados apontam indícios de que ocorra uma linearidade entre o número de pontos (aumento da área) e o número de *singletons* à amostra. Aliado aos resultados dos estimadores é bem provável que mais espécies poderiam ser coletadas na área de coleta, o que foi confirmado com 09 pontos adicionais (método de armadilha), e que menos espécies poderiam ser cada vez mais acrescentadas à amostragem realizada na área remanescente de Cerrado em Balsas, MA. Este método demonstrou ser eficiente para amostragem, pois a partir do 14º dia, todas as espécies já haviam sido capturadas.

A frequência relativa das espécies, também é uma das informações que provavelmente foram resultado da interação método-indivíduo-espécie e não da estrutura de comunidade local. Peruquetti *et al.* (1999), amostrando a fauna de Euglossina com armadilhas na Floresta

Atlântica, encontra percentuais de 53% e 2% respectivamente, *El. cingulata* e *Eg. analis* (Lepelletier) nos seus resultados. Um ano depois, Nemésio & Silveira (2006), usando redes como métodos de coleta verificaram que *Eg. analis* esteve representada entre as mais abundantes.

Estes resultados sugerem que, para efeitos de amostragem e interpretações mais profundas ao nível de estrutura de comunidades, o emprego de apenas um método de coleta não é bom parâmetro para amostragens mesmo para um tempo prolongado e contínuo em campo entre intervalos bimestrais, pois a presença de *singletons* e resultados distorcidos da composição, abundância e riqueza de espécies podem comprometer ampliações acerca da biologia da comunidade destas abelhas, com exceção para algumas espécies verificadas neste estudo. No entanto, o método de armadilhas sozinho quando adaptado para cobertura de grandes áreas, como o aumento do número de pontos amostrais, pode apresentar uma boa amostragem da fauna destas abelhas no Cerrado, dependendo de quando se inicia e dentro das condições deste estudo.

Dessa forma, dependendo do método ou do conjunto de métodos empregados, a diversidade de abelhas Euglossina está sujeita a diversos níveis de amostragem da fauna real. E quanto ao ambiente, os dados indicam que a área requer de atenção especial quanto ao fomento de políticas de preservação e conservação da fauna e flora ainda existentes.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação-UFMA pela oportunidade e apoio financeiro para a realização de algumas coletas e ao Sr. José Alberto pelas assistências logísticas concedidas durante todo o período de amostragem. Ao Prof Dr José Manuel Macário Rebêlo e ao Msc. Orleans Silva pelo auxílio na identificação das

espécies e sugestões oferecidas quanto ao delineamento experimental. E ao CNPq pela concessão da bolsa de Mestrado (Processo N°133821/ 2010-2).

Referências

- Ackerman J D (1983) Diversity and seasonality of male euglossine bees (Hymenoptera, Apidae) in Central Panama. *Ecology* 64(2): 274-283.
- Aguiar W M, Gaglianone M C (2008) Comunidade de Abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae) em Remanescentes de Mata Estacional Semidecidual sobre Tabuleiro no Estado do Rio de Janeiro. *Neotrop Entomol* 37(2):118-125.
- Alvarenga P E F, Freitas R F, Augusto S C (2007) Diversidade de *Euglossini* (Hymenoptera: Apidae) em áreas de Cerrado do Triângulo Mineiro, MG. *Biosci J Uberlândia* 23 (Supplement 1): 30-37.
- Anjos-Silva E J (2007) Occurrence of *Eulaema* (*Apeulaema*) *pseudocingulata* Oliveira (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) in the Platina Basin, Mato Grosso State, Brazil. *Neotrop Entomol* 36(3):484-486.
- Barreto L (2007) Cerrado Norte do Brasil. Pelotas: USEB 1: 378p
- Becker P, Moure J S, Peralta F J A (1991) Mores about euglossine bees in Amazonian forest fragments. *Biotropica* 23: 586-591.
- Bembé B (2004) Functional morphology in male orchid bees and their ability to spray fragrances (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). *Apidologie* 35, 283–291.
- Bembé B (2007) Revision der *Euglossa cordata*-Gruppe und Untersuchungen zur Funktionsmorphologie und Faunistik der Euglossini (Hymenoptera, Apidae). *Entomofauna*, Supplement14: 1–146.
- Brandão C R F, Silva R R, Feitosa R M (2011) Cerrado ground-dwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) as indicator of edge effects. *Zool* 28(3):379-387.
- Campos L A O, Silveira F A, Oliveira M L, Abrantes C V M, Morato E F, Melo G A R (1989) Utilização de armadilhas para a captura de machos de Euglossini (Hymenoptera, Apoidea). *Rev Bras Zool* 6: 621-626.
- Carvalho C C de, Rêgo M M C, Mendes F N (2006) Dinâmica de populações de Euglossina (Hymenoptera, Apidae) em mata ciliar, Urbano Santos, Maranhão, Brasil. *Iheringia Ser Zool* 96(2): 251-256.
- Colwell R K (1997) EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User's Guide), v. 7.01. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.
- Dodson C H, Frymine G P (1961) Preliminary Studies in the Genus Stanhopea (Orchidaceae). *Ann Mo Bot Gard* 48(2):137-172.
- Dodson C H, Dressler R L, Hills H G, Adams R M, Williams N H (1969) Biologically active compounds in orchid fragrances. *Science* 164: 1243-1249.
- Dressler R L (1968) Pollination by Euglossine Bees. *Evolution* 22(1): 202-210.
- Dressler R L (1979) *Eulaema bombiformis*, *E. meriana*, and Müllerian mimicry in related species (Hymenoptera: Apidae). *Biotropica* 11: 144-151.
- Dressler, R L (1982a). New species of *Euglossa* II (Hymenoptera: Apidae). *Rev Biol Trop* 30: 121-129.
- Dressler R L (1982b) New species of *Euglossa* III. The *bursigera* species group (Hymenoptera: Apidae). *Rev Biol Trop* 30: 131-140.
- Dressler, R L (1982c) New species of *Euglossa* IV. The *cordata* and *purpurata* species groups (Hymenoptera: Apidae). *Rev Biol Trop* 30: 141-150.

- Dressler R C (1982) Biology of the orchid bees (Euglossini). *Annu Rev Ecol Syst* 13: 373-394.
- Eltz T, Whitten W M, Roubik D W, Linsenmair K E (1999) Fragrance collection, storage, and accumulation by individual male orchid bees. *J Chem Ecol* 25: 157-176.
- Freitas R F (2009) Diversidade e sazonalidade de abelhas Euglossini Latreille (Hymenoptera: Apidae) em fitofisionomias do bioma Cerrado em Uberlândia, MG. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. Universidade Federal de Uberlândia, 65p.
- Gotelli N J, Cowell R R (2001) Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the comparasions of the species richness. *Ecol Lett* 4:379-391.
- Janzen D H, DeVries, P J, Higgins M L, Kimsey L S (1982) Seasonal and site variation in Costa Rican Euglossine bees at chemical baits in lowland deciduous and evergreen Forests. *Ecology* 63 (1): 66-74.
- Maués M M, Oliveira P E A M de, Kanashiro M (2008) Pollination biology in *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don. (Bignoniaceae) at the “Floresta Nacional do Tapajós”, Central Amazon, Brazil. *Rev Bras Bot* 31(3): 517-527.
- Matoso V C, Faria L R R, Melo G A R (2011) Orchid bees (Hymenoptera: Apidae) in the coastal forests of southern Brazil: diversity, efficiency of sampling methods and comparison with other Atlantic forest surveys. *Pap Avulsos Zool* 51(33): 505-515.
- Méio B B, Freitas C V, Jatobá L, Silva M E F, Ribeiro, J F, Henriques, R P B (2003) Influência da flora das florestas Amazônica e Atlântica na vegetação do cerrado *sensu stricto*. *Rev Bras Bot* 26: 437-444.
- Mendes F N, Rêgo M M C, Carvalho C C (2008) Abelhas Euglossine coletadas em monocultura de Eucalipto circundada por Cerrado em Urbano Santos, Maranhão, Brasil. *Iheringia Ser Zool* 98: 285-290.
- Morais R M de, Barcellos A, Redaelli L R (2006) Insetos predadores em copas de *Citrus deliciosa* (Rutaceae) sob manejo orgânico no sul do Brasil. *Iheringia Ser Zool* 96(4): 419-424.
- Morato E F, Campos L A O, Moure J S (1992) As abelhas Euglossini (Hymenoptera, Apidae) coletadas na Amazônia Central. *Rev Bras Entomol* 36(4): 767-771.
- Morato E F (1994) Abundância e riqueza de machos de Euglossinae em mata de terra firme e área de derrubada, nas vizinhanças de Manaus (Brasil). *Bol Mus Para Emilio Goeldi Ser Zool* 10: 95-105.
- Morato E F (1998) Estudos sobre comunidades de abelhas Euglossini. *Anais Encontro sobre abelhas*, 3: 135-143.
- Nemésio A, Augusto A S, Almeida E A B (2007) *Euglossa decorata* Smith (Hymenoptera: Apidae) in central Brazil – biogeographic implications. *Lundiana* 8 (1):57-61.
- Nemésio A, Faria-Jr L R R (2004) First assessment of the orchid bee fauna (Hymenoptera: Apidae: Apini: Euglossina) at Parque Estadual do Rio Preto, a cerrado área in southeastern Brazil. *Lundiana* 5: 113-117.
- Nemésio A, Morato E F (2004) Euglossina (Hymenoptera: Apidae: Apini) of the Humaitá Reserve, Acre state, Brazilian Amazon, with comments on bait trap efficiency. *Rev Tec Amb* 10: 71-80.
- Nemésio A, Morato E F (2006) The orchid-bee fauna (Hymenoptera: Apidae of Acre state (northwestern Brazil) and a re-evaluation of euglossine bait-trapping). *Lundiana* 7(1): 59-64.
- Nemésio A, Silveira A (2006) Edge Effects on the orchid-bee fauna (Hymenoptera: Apidae) at a large remnant of Atlantic rain forest in southeastern Brasil. *Neotrop Entomol* 35(3): 313-323.

- Nemésio A, Silveira A (2010) Forest Fragments with Larger Core Areas Better Sustain Diverse Orchid Bee Faunas (Hymenoptera: Apidae: Euglossina). *Neotrop Entomol* 39(4): 555-561.
- Nemésio A (2009) Orchid bees (Hymenoptera: Apidae) of the Brazilian Atlantic Forest. *Zootaxa* 2041: 1–242.
- Nemésio A (2010) The orchid-bee fauna (Hymenoptera: Apidae) of a forest remnant in northeastern Brazil, with new geographic records and an identification key to the known species of the Atlantic Forest of northeastern Brazil. *Zootaxa* 2656: 55–66.
- Nemésio A (2011) The orchid-bee fauna (Hymenoptera: Apidae) of a forest remnant in southern Bahia, Brazil, with new geographic records and an identification key to the known species of the area. *Zootaxa* 2821: 47–54.
- Nemésio A (2011a) *Euglossa bembei* sp. N. (Hymenoptera: Apidae): a new orchid bee from the Brazilian Atlantic Forest belonging to the *Euglossa cybelia* Moure, 1968 species group. *Zootaxa* 3006: 43-49.
- Nemésio A (2011b) Nomenclatural issues in the orchid bees (Hymenoptera: Apidae) and an updated catalogue. *Zootaxa* 3006:1-42.
- Nemésio A (2011c) The orchid-bee fauna (Hymenoptera: Apidae) of a forest remnant in southern Bahia, Brazil, with new geographic records and an identification key to know species of the area. *Zootaxa* 2821: 47-54.
- Nemésio A (2006) *Euglossa anodorrhynchi* sp.nov. (Hymenoptera: Apidae), a new orchid bee from Southern Brazil. *Neotrop Entomol* 35: 206-209.
- Nemésio A (2007) Three new species of *Euglossa* Latreille (Hymenoptera: Apidae) from Brazil. *Zootaxa* 1547: 21-31.
- Neves E L, Viana B F (1997) Inventário da fauna de Euglossinae do baixo sul da Bahia, Brasil. *Rev Bras Zool* 14:831-837.
- Oliveira, M L (2006a) Três novas espécies de abelhas da Amazônia pertencentes ao gênero *Eulaema* (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Acta Amazonica* 36: 121-128.
- Oliveira M L (2006b). Nova hipótese de relacionamento filogenético entre os gêneros de Euglossini e entre as espécies de *Eulaema* Lepeletier, 1841 (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Acta Amazonica* 36: 273 - 286.
- Oliveira M L de (2007) Catálogo comentado das espécies de abelhas do gênero *Eulaema* Lepeletier, 1841 (Hymenoptera: Apidae). *Lundiana* 8(2): 113-136.
- Oliveira M L, Campos L A O (1995) Abundância, riqueza e diversidade de abelhas Euglossinae (Hymenoptera, Apidae) em florestas contínuas de terra firme da Amazônia Central, Brasil. *Rev Bras Zool* 12(3): 547-556.
- Oliveira T G de, Vieira P A D O Q, Santos D M I J P, Paula R C de (2007) Mamíferos do Cerrado Norte do Brasil. In: Barreto, Larissa. (Org.). *Cerrado Norte do Brasil*. Pelotas: USEB 1: 261-285.
- R Development Core Team (2011) *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, Available from <http://www.R-project.org>. [acessada em 09 de novembro de 2011]
- Parra-H A, Torres-Ospina R, Ramírez S (2006) *Euglossa natesi* n. sp., a new species of orchid bee from the Chocó region and Ecuador (Hymenoptera: Apidae). *Zootaxa* 1298: 29-36.
- Pearson D L, Dressler R L (1985) Two-year study of male orchid bee (Hymenoptera: Apoidea, Euglossini) attraction to chemical baits in low south-eastern Peru. *J Trop Eco* 1: 37-54.
- Peruquetti RC, Campos L A O (1997) Aspectos da biologia de *Euplusia violacea* Blanchard, 1840. *Rev Bras Zool* 4: 91-97.

- Peruquetti R C, Campos L A O, Coelho C D P, Abrantes C V M, Lisboa L C O (1999) Abelhas Euglossini (Apidae) de áreas de Mata Atlântica: abundancia, riqueza e aspectos biológicos. *Rev Bras Zool* 16(Supl.2):101-118.
- Powell A H, Powell G V N (1987) Population dynamics of male Euglossine bees in Amazonian Forest fragments. *Biotropica* 19: 176-179.
- Progea - Estudos ambientais e de Engenharia do Brasil (1995) Assessement of environmental impact (EIA) v 1 Brasília, DF, Embrapa Campo, Companhia de Promoção Agrícola, 122p.
- Rasmussen C (2009) Diversity and abundance of Orchid Bees (Hymenoptera: Apidae, Euglossini) in a Tropical Rainforest Succession. *Neotrop Entomol* 38(1): 066-073.
- Ratter J A, Ribeiro J F, Bridgewater S (1997) The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Ann Bot (Lond)* 80: 223-230.
- Rebêlo J M M, Cabral A J (1997) Abelhas Euglossinae de Barreirinhas, Zona do litoral da Baixada Oriental Maranhense. *Acta Amazonica* 27: 147-152.
- Rebêlo J M M, Garófalo C A (1997) Comunidade de machos de Euglossini (Hymenoptera, Apidae) em matas semidecíduas do Nordeste do estado de São Paulo. *An Soc Entomol Bras* 26: 243-255.
- Rebêlo J M M, Silva F S (1999) Distribuição das abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae) no Estado do Maranhão, Brasil. *An Soc Entomol Bras* 28: 389-401
- Rebêlo J M M (2001) História Natural das Euglossíneas: as abelhas das orquídeas. Lithograf Editora. 152 p.
- Redford K H, Fonseca G A B (1986) The role of gallery forests in the zoogeography of the cerrado's non-volant mammalian fauna. *Biotropica* 18: 126-135.
- Rêgo M M C (1998) Abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) em um ecossistema de cerrado s. l. (Chapadinha-MA, Brasil): uma abordagem biocenótica. Tese de Doutorado FFCLRP. Ribeirão Preto-SP 181p.
- Roubik D W, Ackerman J D (1987) Long-term ecology of euglossine orchid-bees (Apidae: Euglossini) in Panama. *Oecologia* 73:321-333.
- Roubik D W, Hanson P E (2004) Orchid bees of tropical America biology and field guide. INBio, Costa Rica, Panamá. 370p.
- Roque F, Du Vall Hay J, Tidon R (2009) Breeding sites of drosophilids (Diptera) in the Brazilian Savanna. I. Fallen fruits of *Emmotum nitens* (Icacaceae), *Hancornia speciosa* (Apocynaceae) and *Anacardium humile* (Anacardiaceae). *Rev Bras Entomol* 53(2): 308-313.
- Silva F S, Rebêlo J M M (1999) Euglossine bees of Buriticupu, Amazônia of Maranhão, Brazil. *Acta Amazonica* 29: 472-486.
- Silva O, Rebêlo J M M (2009) Primeiro Registro de *Euglossa stilbonota* Dressler (Apidae: Euglossini) fora da Floresta Amazônica: Implicações Biogeográficas. *Neotrop Entomol* 38(6): 880-882.
- Silva F S, Rebêlo J M M (2002) Population dynamics of euglossine bees (Hymenoptera, Apidae) in an early second-growth forest of Cajual Island, in the state of Maranhão, Brazil. *Braz J Biol* 62: 15-23.
- Silveira F A, Melo G A R, Almeida E A B (2002) Abelhas Brasileiras. Sistemática e Identificação. Belo Horizonte, F. A. Silveira. 253p.
- Silveira G do C, Nascimento A M, Sofia S H, Augusto S C (2011) Diversity of the euglossine bee community (Hymenoptera, Apidae) of on Atlantic Forest in southeastern Brazil. *Rev Bras Entomol* 55(1): 109-115.
- Silveira G do C (2010) A fauna de abelhas da subtribo Euglossina Latreille (Hymenoptera: Apidae) em duas áreas de Mata Estacional Semidecidual no domínio do Cerrado em

- Uberlândia, MG. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. Universidade Federal de Uberlândia, 57p.
- Souza A K P, Hernández M I M, Martins C F (2005) Riqueza, abundância e diversidade de Euglossina (Hymenoptera, Apidae) em três áreas da Reserva Biológica Guaribas, Paraíba, Brasil. *Rev Bras Zool* 22(2):320-325.
- Sofia S H, Aline M S, Silva C R M (2004) Euglossine bees (Hymenoptera, Apidae) in a remnant of Atlantic Forest in Paraná State, Brazil. *Iheringia Ser Zool* 94(2): 217-222.
- Systat (1997) Systat 7.0 for windows. Chicago, SPSS, 726p.
- Storck-Tonon D, Morato E F, Oliveira M L (2009) Fauna de Euglossina (Hymenoptera: Apidae) da Amazônia Sul - Ocidental, Acre, Brasil. *Acta Amazonica* 39(3): 693-706.
- Storti E F, Storti-Filho A, Oliveira M L de (2004) Primeiro registro de *Eufriesea laniventris* (Ducke, 1902) (Hymenoptera, Apidae, Euglossini) no Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica* 34(1): 143-144.
- Vanzolini P E, Williams E E (1970) South American anoles: Geographic differentiation and evolution of the *Anolis chrysolepis* species group (Sauria, Iguanidae). *Arq Zool* 19: 1-298.
- Tonhasca-Jr A, Blackmer J L, Albuquerque G S (2002) Abundance and diversity of euglossine bees in the fragmented landscape of the Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica* 34: 416-422.
- Terborgh J, Estes J A, Paquet P, Rah K, Boyd-Heger D, Miller B J, Noss R E (1999) The Role of Top Carnivores in Regulating Terrestrial Ecosystems. In: *The Role of Top Carnivores in Regulating Terrestrial Ecosystems* (Ed) Soule M E & Terborgh J. Island press Washington D.C. Covelo, California. 297p.
- Wang C, Strazanac J, Butler L (2001) A Comparison of Pitfall Traps with Bait Traps for Studying Leaf Litter Ant Communities. *J Econ Entomol* 94(3): 761-765.
- Willis E O (1992) Zoogeographical origins of eastern Brazilian birds. *Ornitol Neotrop* 3: 1-15.
- Wittmann D, Hoffmann R, Scholz E (1988) Southern distributional limits of Euglossine bee in Brazil linked to habitats of the Atlantic and Subtropical Rain Forest (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Entomol Gen* 14: 53-60.
- Zimmerman J K, Madrinan S R (1988) Age structure of male *Euglossa imperialis* (Hymenoptera, Apidae, Euglossini) at nectar and chemical sources in Panama. *J Trop Ecol* 4: 303-306.
- Zucchi R, Sakagami S F, Camargo J M F. Biological observations on a neotropical parasocial bee *Eulaema nigrita*, with a review of the biology of Euglossinae. A comparative study. *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. VI, Zoology, Hokkaido*, v. 17, n. 2, p. 271-380, 1969.

Tabela 1 Resultado do esforço máximo com os métodos de coleta propostos no estudo (armadilhas aromáticas e redes entomológicas (06 pontos/método – amostras comparadas; e amostras realizadas em 09 pontos amostrais apenas com o método de armadilhas aromáticas) e composição de espécies registrada no período de Novembro de 2010 a Setembro de 2011, em área de Cerrado remanescente, nordeste do Brasil, Balsas, MA).

Espécies	Armadilhas – 9 pontos	Amostras comparadas		Σ (%)
		Armadilhas (6 pontos)	Redes (6 pontos)	
<i>Eufriesea nigrescens</i> (Friese, 1925)	1			< 1
<i>Eufriesea ornata</i> (Mocsáry, 1896)	1	1		< 1
<i>Eufriesea surinamensis</i> (L., 1758)	1			< 1
<i>Euglossa (Euglossa) amazonica</i> Dressler, 1982	33	2	16	3
<i>Euglossa (Euglossa) carolina</i> (Nemésio, 2009)	187	8	47	14,2
<i>Euglossa (Glossura) chalybeata</i> Friese, 1925	8			< 1
<i>Euglossa (Euglossa) despecta</i> Moure, 1968	42	7	4	2,7
<i>Euglossa (Euglossa) fimbriata</i> Moure, 1968	164	2	13	10,5
<i>Euglossa (Euglossa) hemiclora</i> Cockerell, 1917	1			< 1
<i>Euglossa (Euglossa) melanotricha</i> Moure, 1967	109	5	21	7,9
<i>Euglossa (Euglossa) modestior</i> Dressler, 1982	7	1		< 1
<i>Euglossa (Euglossa) securigera</i> Dressler, 1982	205	9	19	13,7
<i>Euglossa (Euglossa) townsendi</i> Cockerell, 1904	1	1		< 1
<i>Eulaema (Apeulaema) cingulata</i> Fabricius, 1804	21		5	1,9
<i>Eulaema (Eulaema) meriana</i> Oliver, 1789	4	1	1	< 1
<i>Eulaema (Apeulaema) nigrita</i> Lepeletier, 1841	568	36	77	39,9
<i>Eulaema (Apeulaema) pseudocingulata</i> Oliveira, 2006	60	10	5	4,4
<i>Exaerete smaragdina</i> Guérin, 1845			1	< 1
Número total de espécies	17	12	11	
Número total de indivíduos	1413	83	209	1705

Tabela 2 Flutuação sazonal de machos de *Euglossina* coletados em área de Cerrado remanescente, nordeste do Brasil, Balsas (MA), de novembro/2010 a setembro/2011, utilizando os dois métodos de captura e pontos amostrais totais ☁ = Período chuvoso; ☀ = Período de estiagem.

Data de coleta	26/nov/10 - 01/dez/10	28/jan/11 - 01/fev/11	01/abr/11 - 05/abr/11	29/mai/11 - 02/jun/11	22/jul/11 - 26/jul/11	18/set/11 - 22/set/11
Espécies	☁	☁	☁	☀	☀	☀
<i>Ef. nigrescens</i>		1				
<i>Ef. ornata</i>		2				
<i>Ef. surinamensis</i>		1				
<i>Eg. amazonica</i>	15	4	22	8	2	
<i>Eg. carolina</i>	35	35	29	119	19	5
<i>Eg. chalybeata</i>	1	3	2	1	1	
<i>Eg. despecta</i>	7	2	5	28	4	
<i>Eg. fimbriata</i>	7	1	29	129	13	
<i>Eg. hemichlora</i>			1			
<i>Eg. melanotricha</i>	11	3	14	61	34	12
<i>Eg. modestior</i>	3	1	1	1		2
<i>Eg. securigera</i>	57	25	61	69	20	1
<i>Eg. townsendi</i>		1		1		
<i>El. cingulata</i>	6	6				22
<i>El. meriana</i>	3					2
<i>El. nigrata</i>	69	193	181	184	19	56
<i>El. pseudocingulata</i>	16	17		3		18
<i>Ex. smaragdina</i>	1					
Nº de espécies	13	15	10	11	8	8
Nº de indivíduos	231	295	345	604	112	118

Tabela 3 Abundância e riqueza de espécies de Euglossina coletados em diferentes localidades do domínio savânico brasileiro.

[illegible]

<i>Euglossa (Euglossa) truncata</i> Rebêlo & Moure, 1996													
<i>Eulaema (Apeulaema) cingulata</i> Fabricius, 1804													
*** <i>Eulaema (Eulaema) helvola</i> Moure 2003													
<i>Eulaema (Eulaema) meriana</i> Oliver, 1789													
<i>Eulaema (Apeulaema) nigrita</i> Lepeletier, 1841													
* <i>Eulaema (Apeulaema) pseudocingulata</i> Oliveira, 2006													
<i>Exaerete dentata</i> (Linnaeus, 1758)													
<i>Exaerete smaragdina</i> Guérin, 1845													
Número total de espécies	18	7	10	16	8	11	16	13	8	9	10	5	9
Número total de indivíduos	1705	38	58	283	1153	93	?	?	222	628	247	?	213

MM=mata mesofítica (Maranhão, Carvalho *et al.* 2006); ME =monocultura de Eucalipto (Maranhão, Mendes *et al.* 2008); Mg =mata de galeria (Maranhão, Carvalho *et al.* 2006); CssMA= Cerrado *stricto sensu* (Maranhão, Rebêlo & Cabral 1997); Mg-SBRP= mata de galeria - São Benedito do Rio Preto (Maranhão, dados inéditos de Magalhaes, M.A.M, Mendes *et al.* 2008); DMRCC= misto de dunas, mangue, restingas, cerrados e caatinga (Maranhão, Rebêlo & Silva 1999); MCC= misto de matas, cocais e cerrados (Maranhão, Rebêlo & Silva 1999); MgCCss= mata de galeria, Cerradão e Cerrado *stricto sensu* (Minas Gerais, Nemésio & Faria-Jr. 2004); MCss= mata de galeria e Cerrado *stricto sensu* (Minas Gerais, Freitas 2009); MSD= Mata Estacional Semidecidual inserida no Cerrado (Minas Gerais, Silveira 2010); CssB = Cerrado *stricto sensu* (Barreiras, Neves & Viana, 2003); CssMG = Cerrado *stricto sensu*- Reservas do Panga & Clube Caça e Pesca Itororó(Minas Gerais, Alvarenga *et al.*, 2007); *= espécie acrescentada pelo presente estudo; **= espécie registrada por Carvalho & Bego *Apud* Alvarenga *et al.* 2007; ***= espécie registrada por W.F. Réu Júnior *Apud* Freitas *et al.* 2009; ?=dados não informados. Em virtude dos vários nomes, entre os trabalhos, para a vegetação que acompanha o leito dos rios adotou-se o termo mata de galeria (Ratter *et al* 1997).

Tabela 4 Comparação da abundância, riqueza e composição de espécies de machos de Euglossina coletadas nos seis pontos através das metodologias de coletas propostas no estudo (armadilhas aromáticas e redes entomológicas) no período de Novembro de 2010 a Setembro de 2011, em área de Cerrado remanescente, nordeste do Brasil, Balsas (MA).

Espécies	Armadilhas aromáticas							Redes entomológicas						
	ponto 1	ponto 2	ponto 3	ponto 4	ponto 5	ponto 6	spp. (%)	ponto 1	ponto 2	ponto 3	ponto 4	ponto 5	ponto 6	spp. (%)
<i>Eufriesea ornata</i> (Mocsáry, 1896)			1				1,2							
<i>Euglossa (Euglossa) amazonica</i> Dressler, 1982		1			1		2,4	1	1	1	1	8	4	7,7
<i>Euglossa (Euglossa) carolina</i> (Nemésio, 2009)	1	4		1	2		9,6	6	10	9	8	6	8	22,5
<i>Euglossa (Euglossa) despecta</i> Moure, 1968									2		1		1	1,9
<i>Euglossa (Euglossa) fimbriata</i> Moure, 1968	1	1					2,4	6		1	2	3	1	6,2
<i>Euglossa (Euglossa) melanotricha</i> Moure, 1967		2		1		2	6,0	4	3	4	5	4	1	10,0
<i>Euglossa (Euglossa) modestior</i> Dressler, 1982						1	1,2							
<i>Euglossa (Euglossa) securigera</i> Dressler, 1982	2	5			2		10,8	5	1	1	2	7	3	9,1
<i>Euglossa (Euglossa) townsendi</i> Cockerell, 1904		1					1,2							
<i>Eulaema (Apeulaema) cingulata</i> Fabricius, 1804		2			1	4	8,4		1	1		2	1	2,4
<i>Eulaema (Eulaema) meriana</i> Oliver, 1789		1					1,2		1					0,5
<i>Eulaema (Apeulaema) nigrita</i> Lepeletier, 1841	17	4	1	3	4	7	43,4	15	7	15	11	13	16	36,8
<i>Eulaema (Apeulaema) pseudocingulata</i> Oliveira, 2006	2		2	1	2	3	12,0			1	1	1	2	2,4
<i>Exaerete smaragdina</i> Guérin, 1845												1		0,5
Número total de espécies	5	9	3	4	6	5		6	8	8	8	9	9	
Número total de indivíduos	23	21	4	6	12	17		37	26	33	31	45	37	
<i>Eulaema</i> %	82,6	33,3	75,0	66,7	58,3	82,4		40,5	34,6	51,5	38,7	35,6	51,4	
Eficiência dos métodos de coleta (nº ind. coletados /nº de amostras)	3,8	3,5	0,7	1,0	2,0	2,8		6,2	4,3	5,5	5,2	7,5	6,2	



Fig 1 Mapas mostrando a localização do povoado de Santa Luzia. A = Mapa de parte do continente sul-americano (em cinza) mostrando o Mapa do Brasil e Mapa do Maranhão (em cinza); B = Mapa do município de Balsas, Maranhão.

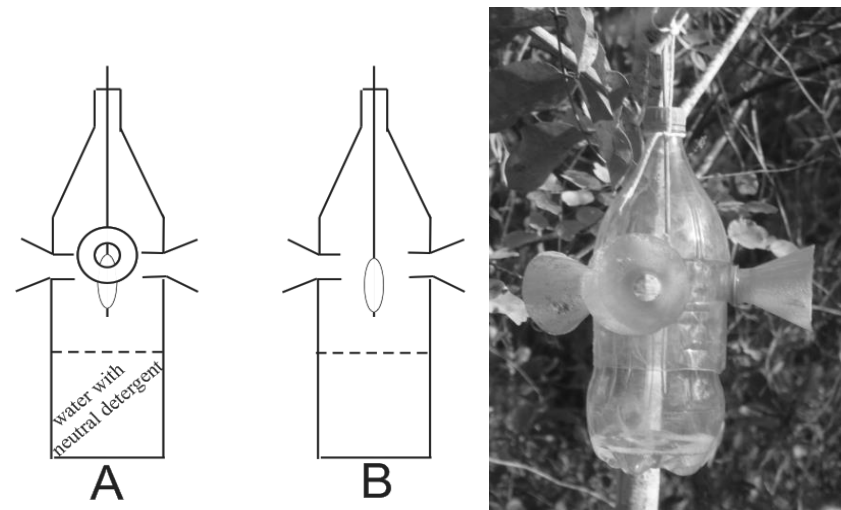


Fig 2 Armadilha para Euglossina. Em cada um de três furos é inserido um funil feito com um gargalo de garrafa plástica. Este funil é recoberto internamente por areia colada com cola de isopor e são colados nos buracos. Na tampa da garrafa é inserido um palito de churrasco, no qual é preso um chumaço de algodão, no qual é colocada a isca. Uma solução de água e detergente neutro, contidos no seu interior, é usada para complementar a coleta das abelhas (o detergente serve para quebrar a tensão superficial da água). A = visão frontal apresentando uma das três entradas; B = visão lateral entre duas entradas permitindo ver o chumaço de algodão.

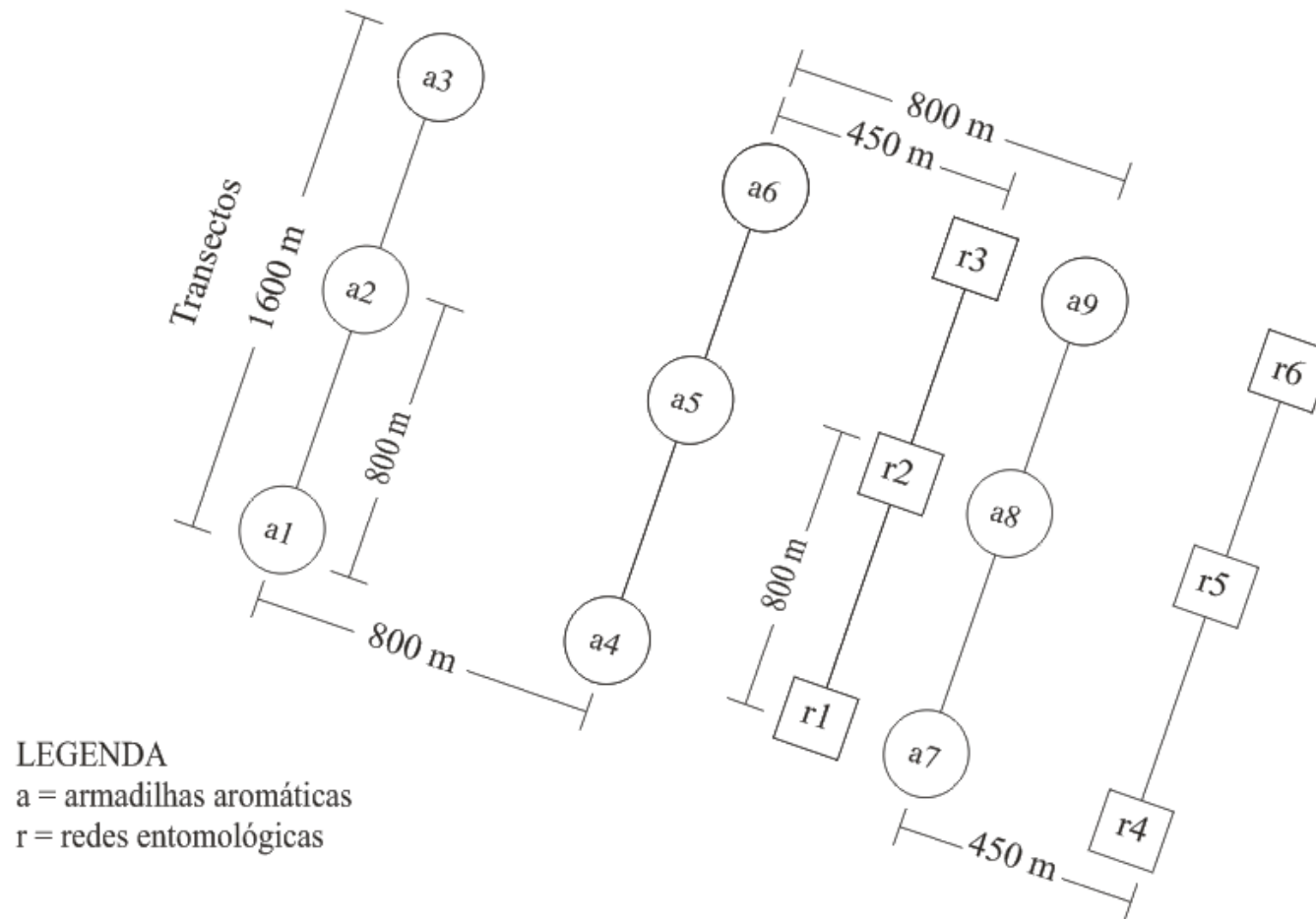


Fig 3 Área de estudo com os transectos utilizados e pontos de amostragem para a coleta de machos de *Euglossina*. Os círculos são referentes ao número de pontos amostrais que foram usados para a coleta de machos de *Euglossina* pelo método de armadilhas aromáticas, enquanto que o quadrado se refere às coletas realizadas pelo método de redes entomológicas. Seis amostras por campanha, para ambos os métodos, foram usadas para a comparação da eficiência amostral proposto neste estudo.

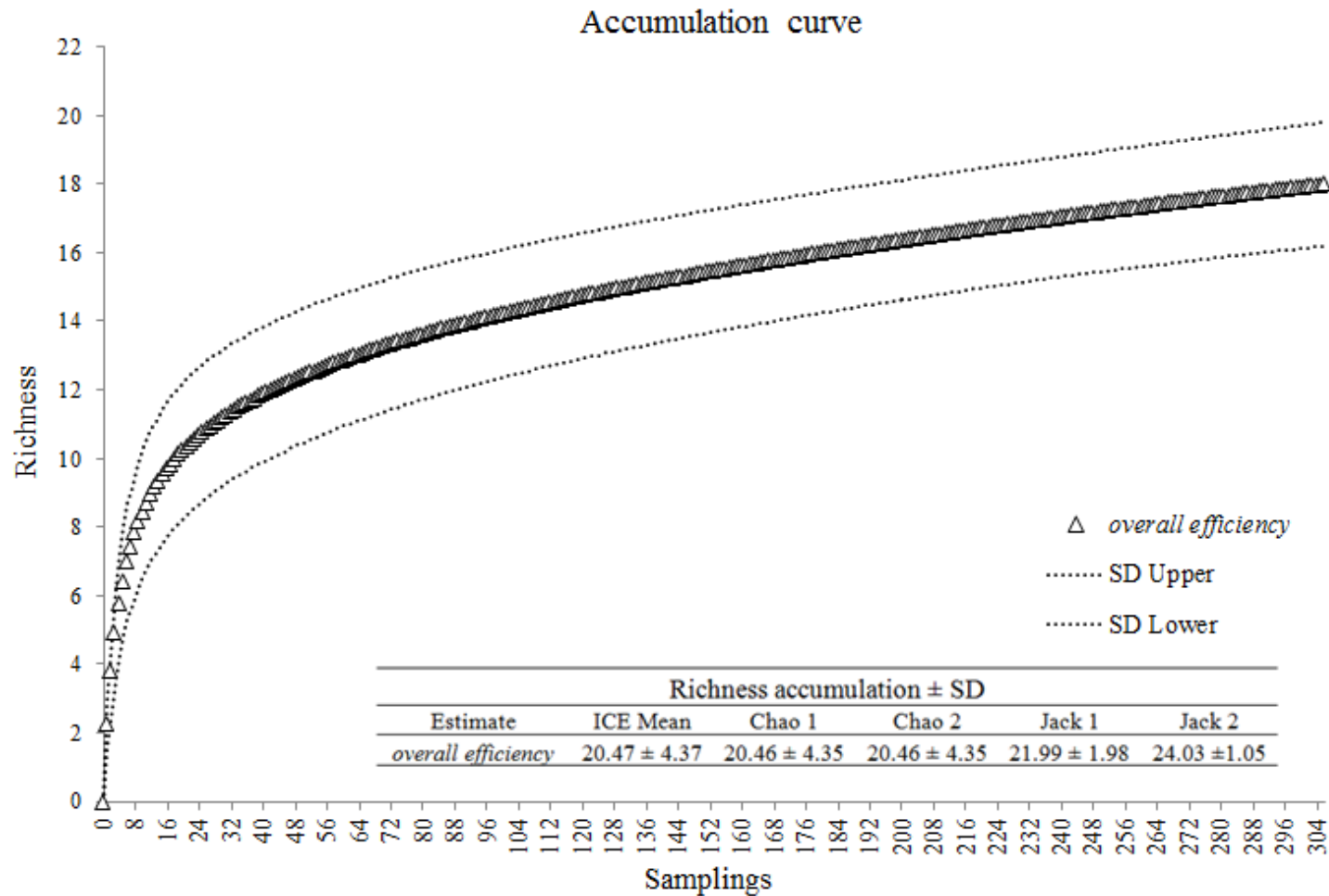
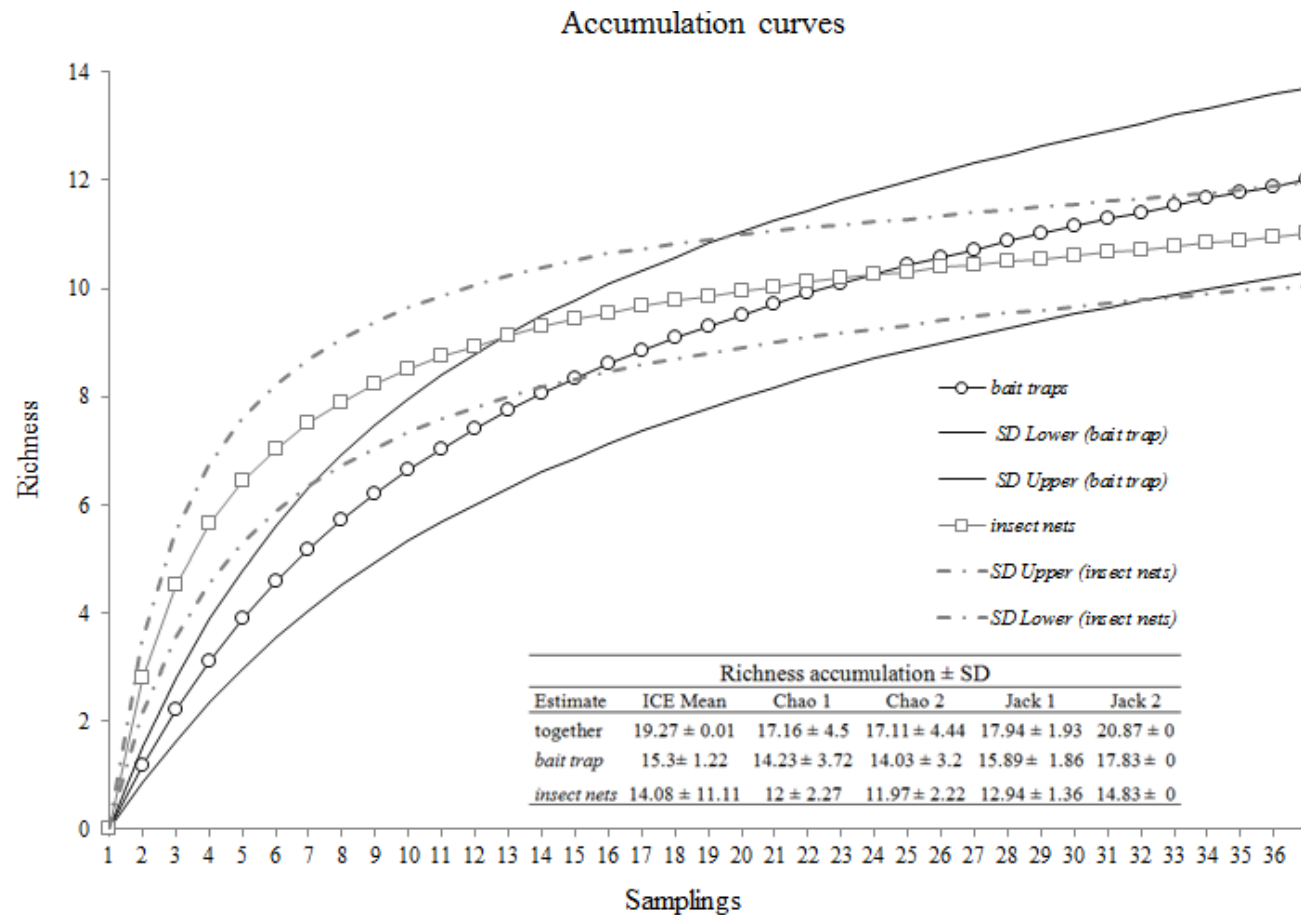
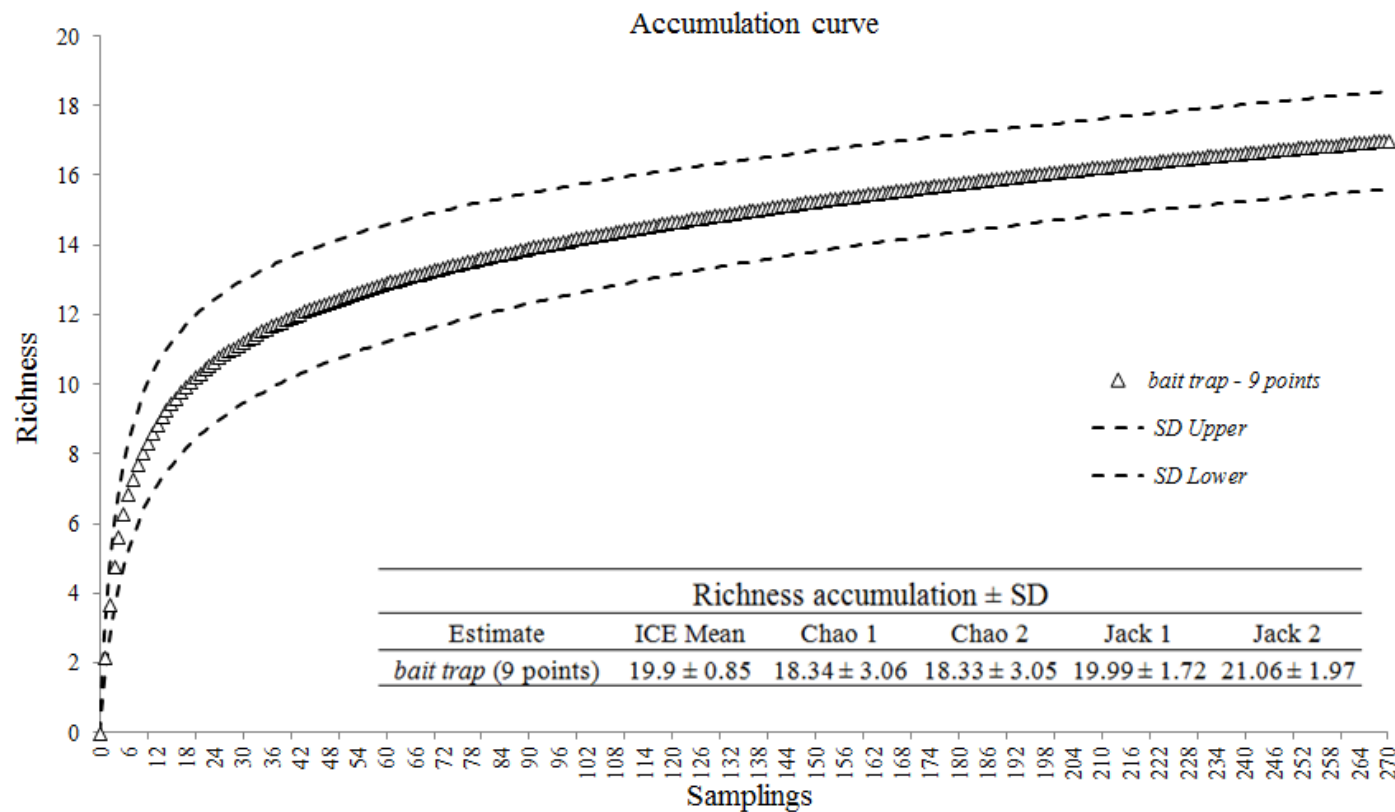


Fig 4 Curva de acumulação e estimadores não paramétricos da riqueza de espécies (com desvio-padrão) em função do número de pontos totais (*overall efficiency*) amostrados pelos métodos de armadilhas aromáticas e redes entomológicas. *overall efficiency* = número de espécies acumuladas; SD Upper = desvio padrão máximo para as espécies observadas; SD Lower = desvio padrão mínimo para as espécies observadas. As abelhas foram coletadas de Novembro de 2010 a Setembro de 2011 em área de Cerrado remanescente, nordeste do Brasil (MA).



1
2

3 Fig 5 Curva de acumulação e estimadores não paramétricos da riqueza de espécies (com desvio-padrão) em função do número de pontos definidos para
4 comparação entre os métodos de armadilhas propostos no estudo, redes entomológicas e armadilhas aromáticas. *bait trap* = número de espécies
5 acumuladas amostradas pelos métodos de armadilhas aromáticas; *insect nets* = número de espécies acumuladas amostradas pelo método de redes
6 aromáticas; SD Upper = desvio padrão superior; SD Lower = desvio padrão inferior. As abelhas foram coletadas de Novembro de 2010 a Setembro de
7 2011 em área de Cerrado remanescente, nordeste do Brasil (MA).



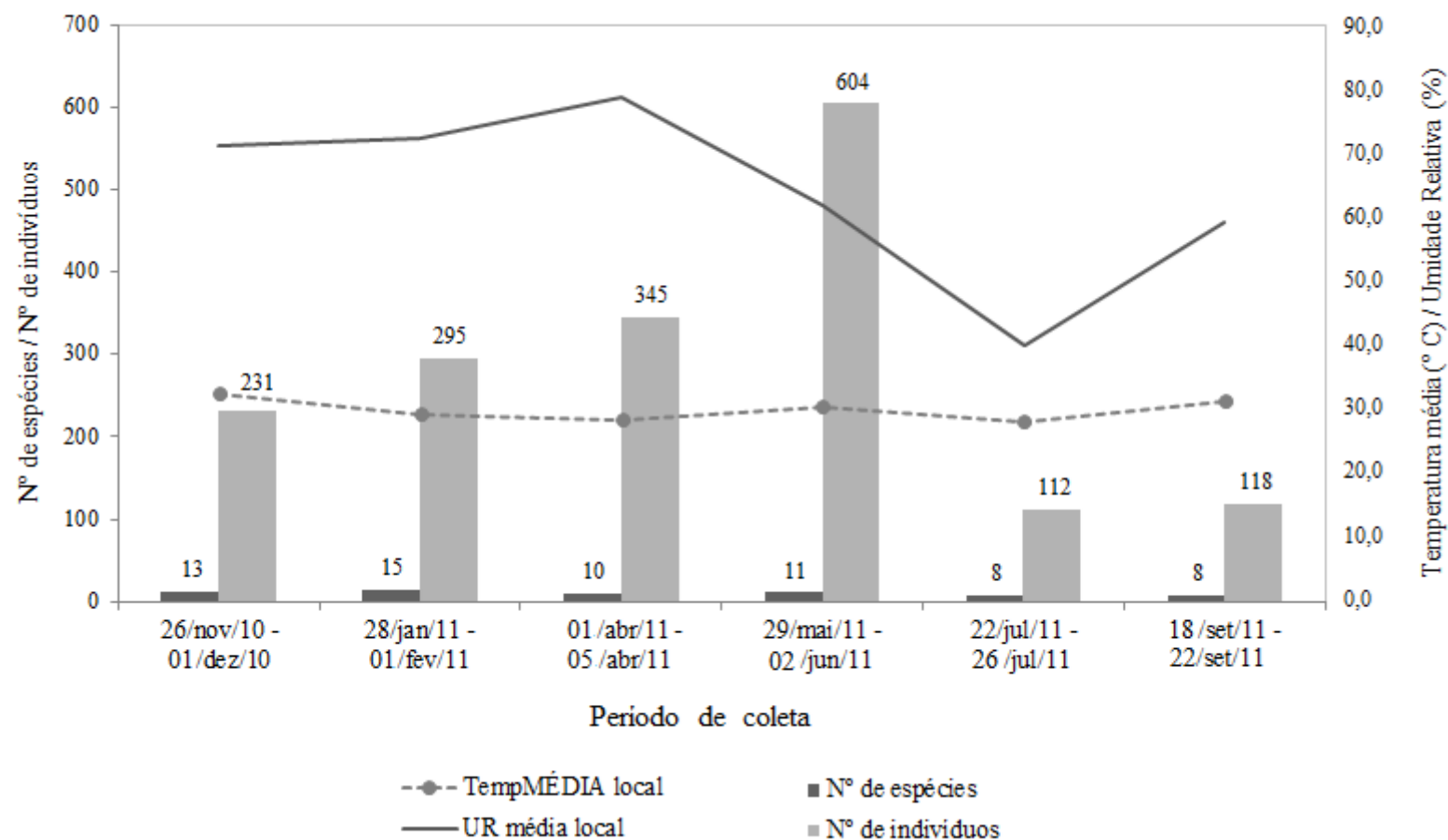
8

9 Fig 6 Curva de acumulação e estimadores não paramétricos da riqueza de espécies (com desvio-padrão) em função do número de pontos definidos (09
 10 pontos) apenas para o método de armadilhas propostos no estudo. *bait trap* – 9 points = número de espécies acumuladas amostrada pelas armadilhas
 11 aromáticas em nove pontos amostrais; SD Upper = desvio padrão superior; SD Lower = desvio padrão inferior. As abelhas foram coletadas de
 12 Novembro de 2010 a Setembro de 2011 em área de Cerrado remanescente, nordeste do Brasil (MA).

13

14

15



16

17 Fig 7 Fenologia dos machos de *Euglossina* coletados em área de Cerrado remanescente, nordeste do Brasil, Balsas (MA), de novembro/2010 a
 18 setembro/2011, utilizando os dois métodos de captura e pontos amostrais totais. TempMÉDIA local = Temperatura média local; UR média local =
 19 Umidade relativa média local.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- ❖ É notório que a medida que mais estudos sobre a riqueza de abelhas Euglossina são realizados mais informações são acrescentadas. A comunidade desta subtribo para o Cerrado brasileiro é representada, após estes estudos, em 35 espécies, pertencentes a quatro gêneros;
- ❖ Quanto maior for o esforço amostral, a separação temporal das coletas e a heterogeneidade de ambientes, maior será a probabilidade de se coletar espécies raras e, portanto maior a riqueza. Nos dados do presente estudo, todos estes fatores em conjunto, com certas limitações quanto ao espaço, são os prováveis candidatos à captura de um número tão expressivo de espécies, como a presença de três espécies do gênero *Eufriesea*, coletadas como *singletons*, o que pode ser indicativo de espécies raras ou espécies insuficientemente amostradas;
- ❖ Três novos registros são descritos para domínio savânico brasileiro, *Eg. despecta* (Moure), *Eulaema (Apeulaema) pseudocingulata* (Oliveira) e *Eulaema (Eulaema) meriana* (Oliver). Além destes, acrescenta-se *Euglossa (Euglossa) amazonica* (Dressler) para os cerrados do Maranhão. A extensão da área de distribuição dessas espécies para além da Floresta Amazônica pode ser consequência da presença de áreas mais fechadas, como fragmentos de mata remanescentes, matas ciliares e locais sujeitos a inundação periódica, constituídos por vegetação mais densa ou ocorrer da mesma forma que foi sugerida para *Eg. stilbonota* por Silva & Rebêlo (2009), onde a necessidade das espécies estaria sendo pressionada pela intensidade dos processos de transformação das matas nativas em floresta secundária;

- ❖ Apenas as espécies pertencentes ao gênero *Eufriesea*, apresentaram um padrão de sazonalidade definido, enquanto que *Eg. amazonica*, *Eg. carolina*, *Eg. chalybeata*, *Eg. despecta*, *Eg. fimbriata*, *Eg. melanotricha*, *Eg. modestior*, *Eg. securigera* e *El. nigrita*, mostraram-se presentes em todas as amostragens, e isentas de uma relação com os períodos chuvoso ou de estiagem. Outras espécies, seja pela coleta em baixa densidade ou pelo período de coletas (bimestrais), não apresentaram uma definição quanto às suas sazonalidades;
- ❖ Os dados do presente estudo indicam que, dependendo do método escolhido para amostragem, a fauna de Euglossina pode apresentar distorções tanto da abundância quanto na composição e riqueza de espécies, pelo menos em nível local, para parte das espécies.

5. RESUMO

Comunidade de Machos de Euglossina (Hymenoptera: Apidae) e Avaliação da Suficiência Amostral dos Métodos Tradicionais de Coleta para a sua Captura em uma Área de Cerrado no Nordeste Brasileiro, Balsas, MA.

Uma comunidade de abelhas das orquídeas do Cerrado nordestino foi estudada quanto à composição e à resposta a dois métodos de coleta tradicionalmente empregados, armadilhas aromáticas e redes entomológicas, durante o período de novembro/2010 a setembro/2011. Um total de 1705 machos de Euglossina pertencentes à quatro gêneros e 18 espécies resultaram também de esforços complementares. Os dois métodos de coleta avaliados amostraram 292 indivíduos, 14 espécies. O método de armadilhas aromáticas capturou 83 indivíduos e 12 espécies, enquanto o método de redes entomológicas, 209 indivíduos e 11 espécies. Duas espécies mostraram exclusividade em redes entomológicas, enquanto pelas armadilhas aromáticas, três. Tanto a riqueza quanto a abundância foram significativamente diferentes entre os métodos amostrados. O método de redes entomológicas capturou mais indivíduos e espécies por ponto do que o método de armadilhas aromáticas, e provou ser quatro vezes superior em média, do que o método de armadilhas aromáticas. A maior riqueza foi verificada no período chuvoso. Três novos registros são descritos para o Cerrado brasileiro, *Euglossa* (*Euglossa*) *despecta* (Moure), *Eulaema* (*Apeulaema*) *pseudocingulata* (Oliveira) e *Eulaema* (*Eulaema*) *meriana* (Oliver). Os estimadores não paramétricos, para o esforço total, indicam que cerca de $\frac{1}{4}$ das espécies de Euglossina que habitam a área de estudo não foram capturadas. Este estudo sugere que embora o método de redes tenha se mostrado superior, o método de armadilhas sozinho quando adaptado para cobertura de grandes áreas, como o aumento do número de pontos amostrais, pode apresentar uma boa amostragem da fauna destas abelhas no Cerrado dentro das condições do presente estudo.

PALAVRAS-CHAVE– Apoidea, Comunidade, redes entomológicas, armadilhas aromáticas, *singletons*

6. ABSTRACT

Community of Euglossina Males (Hymenoptera: Apidae) and Evaluation of Sample Sufficiency of Traditional Collection Methods for their Capture in an Area of Cerrado in the Brazilian Northeast, Balsas, MA

A community of orchid bees from Northeast Cerrado was investigated in relation to the species composition and response to two methods of traditionally employed survey, scent baits and insect net, during the period from November/2010 to September/2011. A total of 1705 Euglossina males belonging to four genera and 18 species have also resulted from complementary efforts. The two methods of collecting evaluated have sampled 292 individuals, 14 species. Scent baits captured 83 individuals and 12 species, while the insect nets captured 209 individuals and 11 species. Two species were sampled exclusively on net, while three species were sampled exclusively on scent traps. Both richness and abundance were significantly different between the sampling methods. Insect net method captured more individuals and species per point than the trap and proved to be about four times higher on average than the scent bait method. The highest richness was found in the rainy season. Three new records are described for the Brazilian Cerrado, *Euglossa* (*Euglossa*) *despecta* (Moure), *Eulaema* (*Apeulaema*) *pseudocingulata* (Oliveira) and *Eulaema* (*Eulaema*) *meriana* (Oliver). The non-parametric estimators for the total effort indicate that about ¼ of Euglossina species that inhabit the study area were not captured. This study suggests that although the method of nets has been shown superior, the scent baits alone when adapted to cover large areas, increasing the number of sampling points, it can provide a good sampling of the fauna of these bees in Cerrado under the conditions of the present study.

KEYWORDS – Apoidea, Assemblage, insect net, scent baits, singletons

Orchid bees (Apidae: Euglossini) in three phytophysiognomies of the Cerrado biome in northeastern Brazil

MWA Mendonça^{1,2}, DC Martins^{1,3}, MMC Rêgo^{1,2}, JMM Rebêlo^{1,2,3}, PMC Albuquerque^{1,2,3}

¹ Laboratório de Estudos sobre Abelhas (LEACOL), Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brazil

² Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brazil

³ Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede Bionorte, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brazil

Correspondence

Márcio W A Mendonça; Laboratório de Estudos sobre Abelhas (LEA), Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, 1966, Cidade Universitária, 65080-805, São Luís, MA, Brazil; e-mail: mwmendonca@yahoo.com.br

Abstract

In recent decades, the Cerrado biome has become a biological hotspot that is losing area to an increase in agriculture. Monocultures typical in agricultural environments have accelerated the process of fragmentation, which have been threatening several pollinators. This study aims to verify the existence of a relationship between the composition of Euglossini bees in three Cerrado formations: cerrado *sensu stricto* (Css), dry grassland (DG), and riparian forest (RF). The study was carried out in the municipality of Balsas, Maranhão, in northeastern Brazil. The bees were captured using 27 bottle traps, containing eucalyptol, eugenol, or vanillin baits. The traps captured 1,496 individuals composed of three Euglossine males. The most abundant species were *Eulaema (Apeulaema) nigrita* Lepeletier (41.7%), *Euglossa (Euglossa) securigera* Dressler (14.3%), and *Euglossa (Euglossa) cordata* Linnaeus (13.03%). A high diversity of Euglossine bees was observed in this region. The Css (16 species; $H'_{\text{Css}} = 1.63$) was the most diversified, followed by RF (14 species; $H'_{\text{RF}} = 1.93$), and DG (13 species; $H'_{\text{DG}} = 1.95$). An analysis of a NMDS graph showed that the DG environment was distinct from the others, whereas the Css and RF phytophysiognomies were similar to each other. Although Balsas region is under strong anthropogenic pressures due to agricultural expansion and associated activities in recent decades, it still maintains a well-diversified population of orchid bees. However, systematized studies are needed in this biome to expand the knowledge needed for maintaining these pollinators.

Keywords: Brazilian savannah, Euglossini males, riparian forest, bait traps

Introduction

The Cerrado vegetation is the largest tropical savannah in the world and occupies the central portion of the South American continent, with 23% of the biome located within Brazil (Ratter *et al* 1997, Silva & Bates 2002). This biome is one of the richest and most endangered

places on earth in terms of diversity and species endemism (Myers *et al* 2000). In general, the Cerrado contains vegetative communities that appear along a biomass gradient, starting with early successional dry grasslands with low growing plants, continuing into the cerrado *sensu stricto* (cerrado s.s.) and ultimately developing into the cerradão (Coutinho 1978, Ratter *et al* 1997). This biome contains other forested communities, including riparian forests that are characterized as forested areas growing along medium and large-sized rivers and may be associated with other biomes (Oliveira-Filho & Ratter 1995, Moura & Schlindwein 2009).

The loss of Cerrado vegetation cover during the last 60 years has serious consequences, such as habitat fragmentation, reduction of genetic diversity, and decreasing soil quality (Klink & Machado 2005). From a conservation viewpoint, this biome is significantly important, with a focus on the conservation of pollinators.

Euglossine bees are a tribe of Neotropical pollinators with more than 240 known species (Moure *et al* 2012). Since the discovery and use of aromatic compounds as an artificial method of attracting Euglossine males (Dodson & Frymire 1961, Dodson *et al* 1969, Dressler 1982, Campos *et al* 1989), a number of ecological studies have broadened the biogeographical and taxonomic knowledge of this tribe (Rebêlo & Silva 1999, Oliveira 2006, Ramirez 2006, Nemésio 2006, Cordeiro *et al* 2018). Although the biochemical interaction of these compounds is still unclear, evidence suggests that these substances influence the sexual selection process of these species (Eltz *et al* 1999).

The sensitivity of pollinators to habitat alterations have been the main focus of several studies involving Euglossini species, with an emphasis on Amazon rainforests (Dressler 1982, Janzen *et al* 1982, Powell & Powell 1987, Becker *et al* 1991, Morato *et al* 1992, Storck-Tonon *et al* 2009, 2013, Solar *et al* 2016, Brito *et al* 2017, Vilhena, 2017) and Mata Atlântica (Peruquetti *et al* 1999, Tonhasca *et al* 2002, Nemésio & Silveira 2010, Silveira *et al* 2011, Cordeiro *et al* 2018).

Recently there have been numerous studies conducted in the central and southeastern part of the Brazilian Cerrado (Nemésio & Faria 2004, Alvarenga *et al* 2007, Justino & Augusto 2010, Faria & Silveira 2011, Silveira *et al* 2015, Moreira *et al* 2017, Tosta *et al* 2017). These studies highlighted common problems in this region including the predominance of monocultures (Mendes *et al* 2008, Faria & Silveira 2011, Nascimento *et al* 2015) and habitat fragmentation (Pires *et al* 2013, Silveira *et al* 2015). Other studies observed the preference of some species for riparian environments in the Cerrado domain (Anjos-Silva *et al* 2006, Carvalho *et al* 2006, Silveira *et al* 2015, Martins *et al* 2016, 2018).

In this context, the knowledge about the orchid bees that inhabit the Cerrado Maranhense, located in northeastern Brazil, is still restricted to riparian environments north (Rebêlo & Cabral 1997) and northeast of the state (Carvalho *et al* 2006, Mendes *et al* 2008, Silva 2012). With only one study (Martins *et al* 2018) having been conducted in the gallery forest and cerrado s.s. phytophysionomies in the southern portion of Maranhão, there are still areas of the Cerrado that are completely unknown and under constant threat from monoculture expansion (Barreto *et al* 2010, 2012).

Thus, the present study has the following objectives: (i) to verify the existence of relationships between captured Euglossini bees and the three formations of Cerrado: cerrado s.s., dry grassland, and riparian forest; and (ii) to identify any correlations between climatic variables (average temperature and precipitation) with species richness and abundance of individuals.

Materials and Methods

Study area

The present study was conducted in three environments of Cerrado biome between November, 2010 and September, 2011, in the village of Santa Luzia, municipality of Balsas

(BS), south of Maranhão state (7° 39' 50.86" S, 46° 8' 56.95" W, 276 m altitude) (Fig. 1a, b). The study areas were within a larger area known as "General de Balsas," which is recognized as an important corridor between the Amazon forest and the Caatinga biome (Silva *et al* 2008, Brandão *et al* 2011, Barreto *et al* 2012) that in recent decades has been threatened by the expansion of agriculture and forestry.

The predominant natural land cover in the region is dry grassland, characterized by a mix of grasslands, secondary forest, and sparse shrubs (Furley 1999). In addition, riparian forest fragments are found across this biome and border the Balsas River, a major tributary of the Parnaíba River. The study area is composed of a mosaic of vegetation communities with different degrees of disturbance, ranging from pastures to preserved forest remnants.

The climate is hot and wet (Aw), according to the Köppen classification, with dry (July to December) and rainy (January to June) seasons (Alvares *et al* 2013). In the dry season, the average monthly rainfall is approximately 60 mm, with a minimum temperature of 18 °C between June and July. The rainy season has an average rainfall of 1,118 mm and a maximum temperature approximately 26 °C. The average annual precipitation of the municipality of Balsas is 1,216.7 mm (Brandão *et al* 2011).

Sampling

Three transects containing three sets of bait traps were oriented perpendicularly along a phytophysiology vegetation gradient of cerrado s.s. (Css) (46° 09' 12" W, 7° 39' 24" S; 308 m altitude), dry grassland (DG) (46° 08' 55" W, 7° 39' 36" S; 318 m altitude) and riparian forest (RF) (46° 08' 40" W, 7° 39' 46" S; 254 m altitude). The transects were 800 m apart from each other (Fig. 1c). For the nine traps established, three collections were made in the dry season (November 26 to December 1, 2010; July 22 to 26, 2011; September 16 to 20, 2011) and three samples were collected in the rainy season (January 28 to February 1, 2011;

April 1 to 5, 2011; May 29 to 31, 2011). Collections were made for 5 days at each point, from 7:00 a.m. until 5:00 p.m. (50 h/per collection), totaling 300 hours of sampling at the end of 30 days. Sampling on November 27, 2010 was not conducted due to an intense rainfall.

To capture Euglossine males, bait traps were established following a procedure by Campos *et al* (1989), where 27 bait traps were made of 2 L plastic bottles. Each bait trap had three landing platforms with entry holes. To give greater friction to the individuals during the landing, the inner surfaces of the landing platforms contained sand and glue (see Ramalho *et al* 2009). The bait traps were installed in vegetation 1.5 m above the soil and separated by 10 m from each other. The following baits were used; eucalyptol (1.8-cineol, FLUKA®), eugenol (VETEC®), and vanillin (SYNTH®). The bait traps with these fragrances were replaced every 2 h (Souza *et al* 2005). All captured individuals were killed in a 15 ml solution of neutral detergent dissolved in 150 ml water. The captured specimens were identified at the species level and deposited into the Laboratory Bee Collection (LEACOL) at the Universidade Federal do Maranhão.

Data Analysis

To analyze the structure of the Euglossini community in each phytophysiognomy, the Shannon-Wiener diversity (H') (Pielou 1977) index, and the Berger–Parker (d) dominance index, were calculated in software PAST version 3.2 (Hammer *et al* 2001). The similarities between areas were calculated using the Renkonen coefficient, which is defined as: $S_r = \sum \min(p_{1i}, p_{2i})$, where p_i , is the frequency of species i in collection. This measure of sample similarity is considered one of the best quantitative similarity coefficients because it is not heavily influenced by sample size or species number (Wolda 1981). SIMPER (Bray-Curtis) was another index used that was calculated using the percent contributions of each compound

to the overall similarity or dissimilarity between species. Both analyzes were performed in the PAST program version 3.2 (Hammer *et al* 2001).

Temperature and precipitation data of the Balsas region were obtained from the National Institute of Space Research (INPE, 2017). Pearson correlation tests were used to examine the relationships between climatic factors (temperature and precipitation) and the total number of males, and the number of species sampled in each area, from November, 2010 to September, 2011. Statistical tests followed Zar (1996), using the statistical package *vegan* in software R version 3.4.4 (R Development Core Team 2018).

The formula $Fo = (Na/A) \times 100$ was used to categorize the frequency of individuals in the bait traps, where Na is the number of samples in which a particular species was observed, and A represents the total number of samples obtained. The frequency classes were distributed as follows: common species (c) had an $FO \geq 50\%$; intermediate species (i) had an FO between 25% to 50%; and rare (r) species had an $FO \leq 25\%$ (Palma, 1975, Justino & Augusto 2010).

Sampling sufficiency was calculated using non-parametric richness estimators (Chao1 and Ace) in software Estimate 9.1.0 (Colwell 2013). Differences among habitats were evaluated using a multivariate analysis of similarity (ANOSIM) based on the Bray-Curtis index (9999 permutations; $p < 0.05$). In this analysis, a global R -values close to the maximum value of one indicates that the distributions are non-random, which increases the probability that the communities are different (Clarke 1993).

Non-metric multidimensional scaling (NMDS) was used to graph the similarity of species caught at the bait traps. The NMDS was calculated using the relative abundance of species and Bray-Curtis index values. The two dimensions in the ordination represent a stress value (S), where the best original distances are represented by S values being closer to zero in the final arrangement (Legendre & Legendre 1998).

To test the hypothesis that the ordering is unstructured, which is where geographical proximity between sites does not influence habitat preference of the Euglossini species, a Mantel test was performed (Fortin & Gurevitch 1993). The ANOSIM was run in the PAST program (Hammer *et al* 2001). The NMDS and Mantel analyses were calculated by statistical package *vegan* from computational environment R version 3.3.2 (R Development Core Team, 2018).

Results

A total of 1,496 Euglossini males belonging to three genera and 17 species were captured in all study areas (Table 1), which corresponds to 30% of the Euglossini species recorded for the Brazilian Cerrado. The most representative genera were *Euglossa* (*Eg.*) (n=785; 10 species; 52.47%), *Eulaema* (*El.*) (n=707; 4 species; 47.25%), and *Eufriesea* (*Ef.*) (n=4; 3 species; 0.26%). The most representative species were *El. nigrita* (41.7%), *Eg. securigera* (14.3%), *Eg. cordata* (13.03%), *Eg. (Euglossa) fimbriata* Moure (11.1%), and *Eg. (Euglossa) melanotricha* Moure (7.62%), which account for 87.75% of the species captured. Approximately half of the bee species were classified as rare. The highest species richness was recorded for the Css (16 species; $H'_{\text{Css}} = 1.63$), followed by RF (14 species; $H'_{\text{RF}} = 1.93$) and DG (13 species; $H'_{\text{DG}} = 1.95$). Although the Css showed a higher richness, the diversity was smaller, possibly due to the dominance of *El. nigrita* ($d = 0.52$) in this environment.

In general, there were no significant correlations between precipitation and activity of Euglossine males in the studied environments (Spearman test = 0.248; $p = 0.18$). However, in all environments temperature had different influences on the activity of bees in the bait traps (Fig. 2). Temperature had a negative influence on abundance (Spearman test_{RF} = -0.65; $p < 0.05$) and the richness (Spearman test_{RF} = -0.56; $p < 0.05$) in RF, and also on abundance in

DG (Spearman test_{DG}=−0.41; $p<0.05$). However, in Css, temperature had a positive effect on the abundance of the bees (Spearman test_{CSS}=0.41; $p<0.05$).

High similarity values were found between DG and RF (Renkonen index $DG \times RF = 84.42$), Css and RF (Renkonen index $CSS \times RF = 80.42$), and Css and DG (Renkonen index $CSS \times DG = 76.22$). The Mantel test found no spatial dependence between distances (Mantel test: $r = 0.14$; $p=0.22$), indicating that geographic distance did not influence community structure of these orchid bees.

The two axes of the NMDS quantified 98.09% dissimilarity in the species composition among the bait traps (Fig. 3). The DG environment was more distinct from the others, as shown by the association of *Eg. (Euglossa) amazonica* Dressler, *Eg. (Euglossa) modestior* Dressler and *Eg. securigera* captured in this area. The Css and RF were more similar to each other; however, these two phytophysiognomies differed in *El. nigrita*, *Ef. nordestina* Moure, *Eg. (Euglossa) gaianii*, Dressler, *Eg. (Glossura) chalybeata*, Friese and *Eg. (Euglossa) townsendi* Cockerell being more closely associated with Css. The RF phytophysiognomy contained some species, such as *Ef. surinamensis* Linnaeus, *Eg. cordata*, *Eg. (Euglossa) despecta* Moure and *El. (Apeulaema) cingulata* Fabricius that had greater affinities for the RF environment. *El. (Eulaema) meriana* Olivier did not have a preference for any phytophysiognomy. However, despite p-values approaching significance levels of 0.05, the similarity analysis (ANOSIM) did not show any significant differences in species composition among the phytophysiognomies ($R = 0.18$, $p = 0.08$).

The SIMPER percentage analysis found six species contributed 89.2% of the total dissimilarity between the three phytophysiognomies. This finding verifies that *El. nigrita* and *El. (Apeulaema) pseudocingulata* Oliveira were more abundant in the Css, while *Eg. securigera*, *Eg. cordata*, *Eg. fimbriata*, and *Eg. melanotricha* predominated in the Css and DG (Table 2).

The sampling efficiency evaluated through the Chao1 and Ace richness estimators showed that 65.4% to 98.3% of the communities were sampled (Fig. 4). In addition, DG showed a stabilization of the species accumulation curve, which is different from the RF and Css results where the curves were not stabilized.

Discussion

The number of recent studies in the Brazilian Cerrado has dramatically increased the list of species for this biome, which is currently 56 species (Table S1) (Nemésio & Faria 2004, Carvalho *et al* 2006, Alvarenga *et al* 2007, Mendes *et al* 2008, Justino & Augusto 2010, Faria & Silveira 2011, Giehl *et al* 2013, Grandolfo *et al* 2013, Pires *et al* 2013, Silveira *et al* 2015, Oliveira-Junior *et al* 2015, Knoll 2016, Antonini *et al* 2016, Tosta *et al* 2017, Martins *et al* 2018). In the current study, 30% (17) of the Euglossine species known within the Brazilian Cerrado were sampled. Our data revealed a high species richness for the region of Balsas, with an emphasis on Css followed by DG and RF environments. In Css sampling locations and adjacent areas the presence of vegetation between 15-20 m high is relatively sparse, which likely diminished any edge effects on the bees, especially when compared to the other two phytophysiognomies. Antonini *et al* (2016) found a similar mosaic in the Cerrado of Minas Gerais. Thus, it can be concluded that the species richness in the Cerrado is comparable to more complex forests, such as inland or semideciduous forests within the Atlantic forest domain. However, the Css environment showed a lower diversity probably due to the dominance of *El. nigrita* ($d = 0.52$) as revealed by similarity analysis (SIMPER=0.42). A lower diversity has been found in other studies in this Cerrado phytophysiognomy (Faria & Silveira, 2011; Grandolfo *et al* 2013), showing that this species is not only associated with disturbed areas (Peruquetti *et al* 1999), but also to all Cerrado phytophysiognomies.

The high affinity Euglossini have with closed forest environments (Dressler, 1982) has been reinforced by recent records of these species, including *Aglae caerulea* Lepeletier & Serville (Anjos-Silva *et al* 2006, Martins *et al* 2016), *Euglossa decorata* Smith (Nemésio, 2016), and *Exaerete trochanterica* Friese (Silva 2012), being identified in forested areas of the

Brazilian Cerrado. The low species richness of Euglossine males in the RF and DG corroborates Faria & Silveira (2011) study in northwestern Minas Gerais, which suggested that riparian forests do not influence the composition of Cerrado species. In contrast, this phytophysiognomy is strongly associated with the maintenance of the species composition in the Cerrado biome (Silveira *et al* 2015, Martins *et al* 2018). For example, Moura & Schlindwein (2009) believe this environment is essential for keeping Euglossine males in the middle of the San Francisco region, acting as corridors in central areas of the Cerrado.

The simultaneous sampling with bait traps of the three Cerrado phytophysiognomies had the advantage of not needing a continuous presence of personnel at the traps, which Mattozo *et al* (2011) and Nemésio & Vasconcelos (2014) found to be useful in testing ecological hypotheses. The highest number of individuals of the genus *Euglossa*, in relation to *Eulaema*, differed from general patterns found in other studies (Justino & Augusto 2010, Pires *et al* 2013, Nemésio & Vasconcelos 2014), where *Eulaema* was the most representative genus collected by bait traps. Knoll (2016) conducted a study over six years in Cerrado areas in the city of Bauru, São Paulo and found that the variation in the abundance of species of *Euglossa* between areas belonging to the same Cerrado phytophysiognomies may have been related to the phenological patterns and migrations of the local species. Factors associated with the availability of nesting sites, or the pressure of predators and parasites, resulted in differences in the composition of communities that had similar phytophysiognomies (Amburster & Berg 1994).

In general, studies on the Euglossine bee communities in the Brazilian Cerrado indicate that there are no typical fauna for this biome, but rather subgroups formed of species of wide distribution that can cross open areas such as *Eg. cordata*, *Eg. melanotricha*, *Eg. fimbriata*, *Eg securigera*, and *El. nigrita*, plus some rare or endemic species of nearby humid forests (Faria & Silveira 2011, Nemésio 2016). This pattern is similar to bee species observed

in Cerrado Maranhense orchids, which is probably due to the close proximity of the Amazon Forest biome and verified by the presence of species considered endemic to the Amazon (Martins *et al* 2016).

Eulaema nigrita and *Eg. cordata*, which are common Euglossine species, are generally associated with open areas such as Cerrado and disturbed environments (Rebêlo & Cabral 1997, Alvarenga *et al* 2007, Silva 2012, Nascimento *et al* 2015). These bees are highly dispersed and can be found in several ecosystems, including the Amazon forest (Silva & Rebêlo 1999), Atlantic forest (Nemésio 2011), restingas (Silva *et al* 2009) and Caatingas (Andrade-Silva *et al* 2012). Similar observed patterns of dominance and frequency for *Eg. fimbriata*, *Eg. melanotricha*, and *Eg. sequirigera* can be justified by multivoltinism (Silva *et al* 2009), where overlapping generations of long-lived species and rapid reproduction results in large seasonal peaks. This pattern refutes the proposition made by Nemésio (2009) for *Euglossa* sp., where populations would be small and independent of the ecosystems where they occur.

Among the rare species captured, *Eg. chalybeata* and *Eg. gairanii* are associated with forest areas in a warm, humid Amazonian climate (Rebêlo & Cabral 1997, Carvalho *et al* 2006, Mendes *et al* 2008) and seem to be limited to a region of northeastern Maranhão. This is reinforced by the fact that no record of these species has been carried out in other areas belonging to the Cerrado domain. These observations extend the assumption made by Silva & Rebêlo (2009) about *Euglossa stilbonota* Dressler being species that do not cross the semi-arid cerrado area to the east and northeast of the state of Maranhão, despite being recorded in “cocaís forest” (palm forest) in northeastern Maranhão.

Euglossa townsendi, another rare species in the locality, presents a much broader distribution, ranging from the Amazon rainforest to areas of the Brazilian northeast and center-south (Rebêlo *et al* 2003). The low abundance of this species may be related to their

requirement for a more preserved forest environment as corroborated by Mendes *et al* (2008) in research carried out in the northeastern Maranhão, and also by Pires *et al* (2013) in transition areas of Cerrado and Atlantic Forest in Minas Gerais.

All species of the *Eufriesea* genus were associated with the rainy season. According to Dressler (1982), this genus is active for one or two months a year, a fact that has been known in the Cerrado biome (Carvalho *et al* 2006, Mendes *et al* 2008) and other vegetation formations (Storck-Tonon *et al* 2009, Silva 2012, Nemésio 2016, Knoll, 2016, McCravy *et al* 2016). Our study found the peak of community abundance occurred prior the precipitation peak, which corroborates data from other studies in the Cerrado environment (Rebêlo & Cabral 1997, Mendes *et al* 2008, Silva 2012, Martins *et al* 2018). However, this is different from neotropical patterns that have high numbers of individuals and species associated with the rainy season (Silva & Rebêlo 1999, Brito & Rêgo 2001, Carvalho *et al* 2006). However, when the most abundant and common species (41.7%) in this study are excluded, *El. nigrita* had a pattern similar to Neotropical patterns found by Knoll (2016). For both scenarios, the most likely explanation is a result of adult emergence peaks possibly being synchronized with the supply of resources promoted by flowering.

In the Cerrado formation, several species of botanical families can be found in bloom during the entire year, with the majority blooming either in the dry season (Miranda 1995) or at the beginning of the rainy season (Batalha & Montovani 2000, Mendes *et al* 2011). In the northern Brazilian Cerrado, phenological patterns can also differ within and between families, thus promoting a continuous supply throughout dry and rainy seasons (Bulhão & Figueiredo 2002).

The high similarity revealed for the Css, DG and RF phytophysiognomies can be explained by the relative proximity between these environments. Complementing this observation, there are possible associations of abiotic factors, such as air temperatures and

wind speeds, which may differentially mix odors by location (Murlis 1992). Thus, it is possible that bees forage through the phytophysionomies and explore all the resources that they can detect (Faria & Silveira 2011).

Souza *et al* (2005) conducted a similar study in the Cerrado-Atlantic forest transition area on the northern coast of the state of Paraíba, Brazil. Although they found significant differences in the composition of Euglossine males between Atlantic forest vegetation and savanna-like vegetation typical of a coastal ecosystem known as “Tabuleiro,” they conclude that the homogeneity of the areas resulted in the same species being most abundant species in all areas.

Although Faria & Silveira (2011) found significant differences between sample points located in distinct phytophysionomy types that were separated by 4.3-12.9 km, the same pattern was not perceived for the formation of clusters. Thus, as there have been no other studies carried out in the Cerrado core within the scale proposed in the current study, it can be inferred that at least for areas separated by 800 m to 1600 m, bee species do not respond to vegetation zoning, at least at this scale. Different responses in the Cerrado environment may be due to the influence of another biome.

Alternatively, the physiognomic patterns detected by the appropriate statistical tests for this sampling design (Anderson & Walsh 2013) may have been influenced by seasonal species, in this study *Eg. gaianii* and all species of the *Eufriesea* genus, because those species are associated with forest environments (Carvalho *et al* 2006, Mendes *et al* 2008). These data corroborate the results of Moreira *et al* (2017) and Costa & Franco (2017) in an Atlantic forest environment, where they found that only the species less tolerant to seasonal variations would be restricted to forest phytophysionomies.

According to Antonini *et al* (2016), the community of orchid bees that inhabits the Cerrado of Minas Gerais State respond positively to greater environmental complexity.

Species richness and abundance of Euglossini are greater in more complex environments, when compared to less complex landscapes. Similar results were observed by Moreira *et al* (2017) in a mosaic of Cerrado vegetation growing in an altitude gradient of 900 m to 1400 m in the Chapada Diamantina in Bahia. They suggested more complex environments have a greater availability of floral resources and nesting sites for bees.

In conclusion, in the area of the village of Balsas: (i) the absence of correlations between the composition of the Euglossini bees and the three phytophysiognomies indicated that the plant mosaics did not influence the Euglossini species composition, and (ii) that temperature was the only environmental factor to influence bee activity in the baits in all environments. Although the Balsas region is under strong anthropogenic pressures from agricultural expansion and associated activities in recent decades (Barreto *et al* 2010, 2012), it still maintains a well-diversified orchid bee fauna. However, systematized studies are still needed in this biome, due to the small volume of information to promote strategies for the maintenance of euglossine bees and other pollinators.

Contributions

MWAM participated in the field activities during his master's degree. DCM and MWAM analyzed the data and wrote the article, which was reviewed by JMMR, PMCA, and MMCR. All authors reviewed and approved the final manuscript.

Acknowledgments

To the Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação-UFMA. To Mr. José Alberto and your family for the logistic assistance granted during the entire sampling period. To Msc. Orleans Silva for assistance identifying species and suggestions offered on the experimental design, and to Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e

Tecnológico (CNPq) and Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) for the financial support during the development of the study in the form of a Master's degree and field grant (Process N°133821/ 2010-2).

References

- Alvarenga PEF, Freitas RF, Cristina S (2007) Diversidade de Euglossini (Hymenoptera: Apidae) em Áreas de Cerrado do Triângulo Mineiro, MG. *Biosci J* 23:30–37
- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol Z* 22:711–728. doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507
- Andrade-Silva ACR, Nemésio A, Oliveira FF, Nascimento FS (2012) Spatial–temporal variation in orchid bee communities (Hymenoptera: Apidae) in remnants of arboreal Caatinga in the Chapada Diamantina region, State of Bahia, Brazil. *Neotrop Entomol* 41: 296–305.
- Armbruster WS, Berg E (1994) Thermal Ecology of Male Euglossine Bees in a Tropical Wet Forest: Fragrance Foraging in Relation to Operative Temperature¹. *Biotrop* 26: 50–60.
- Anderson MJ, Walsh DCI (2013) Permanova, Anosim, and the Mantel test in the face of heterogeneous dispersions: what null hypothesis are you testing? *Ecol Monogr* 83:557–574
- Anjos-Silva EJ dos, Camillo E, Garófalo CA (2006) Occurrence of *Aglae caerulea* Lepeletier & Serville (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) in the Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, Mato Grosso State, Brazil. *Neotrop Entomol* 35:868–870. doi: 10.1590/S1519-566X2006000600024
- Antonini Y, Silveira RA, Oliveira ML, Martins C, Oliveira R (2016) Orchid bee fauna responds to habitat complexity on a savanna area (Cerrado) in Brazil. *Sociobiology* 63:819. doi: 10.13102/sociobiology.v63i2.1038
- Barreto L, Ribeiro MC, Veldkamp A, *et al* (2010) Exploring effective conservation networks based on multi-scale planning unit analysis. A case study of the Balsas sub-basin, Maranhão State, Brazil. *Ecol Indic* 10:1055–1063. doi: 10.1016/j.ecolind.2010.03.001
- Barreto L, Van Eupen M, Kok K, *et al* (2012) The impact of soybean expansion on mammal and bird, in the Balsas region, north Brazilian Cerrado. *J Nat Conserv* 20:374–383. doi: 10.1016/j.jnc.2012.07.003
- Batalha, M. A., Montovani, I.W. (2000) Reproductive phenological patterns of cerrado plant species at the Pé-de-Gigante Reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparison between the herbaceous and woody floras. *Rev Bras Biol* 60:129–145. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-71082000000100016>
- Becker P, Moure JS, Peralta FJA (1991) More about euglossine bees in Amazonian forest fragments. *Biotrop* 23:586. doi: 10.2307/2388396

- Brandão CRF, Silva RR, Feitosa RM (2011) Cerrado ground-dwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) as indicators of edge effects. *Zoologia (Curitiba, Impr)* 28:379–387. doi: 10.1590/S1984-46702011000300012
- Brito CM, Rêgo MMC (2001) Community of male Euglossini bees (Hymenoptera: Apidae) in a secondary forest, Alcântara, Ma, Brazil. *Braz J Biol* 61:631–638
- Brito TF, Phifer CC, Knowlton JL, *et al* (2017) Forest reserves and riparian corridors help maintain orchid bee (Hymenoptera: Euglossini) communities in oil palm plantations in Brazil. *Apidologie* 48:575–587. doi: 10.1007/s13592-017-0500-z
- Bulhão CF, Figueiredo PS (2002) Fenologia de leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. *Rev Bras Bot* 25:. doi: 10.1590/S0100-84042002000300012
- Campos LAO, Oliveira FA, Oliveira ML. (1989) Utilização de armadilhas para a captura de machos de.pdf. *Rev Bras Zool* 6:621–626
- Carvalho CC, Rêgo MMC, Mendes FN. (2006) Dinâmica de populações de Euglossina (Hymenoptera, Apidae) em mata ciliar, Urbano Santos, Maranhão, Brasil. *Iheringia, Sér Zool* 96:249–256
- Clarke KR (1993) Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Austral Ecol* 18:117–143. doi: 10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x
- Colwell RK (2013) EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples version 9 and earlier. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/EstimateSPages/AboutEstimateS.htm#Publications>. Accessed 11 Apr 2018
- Cordeiro M, Garraffoni ARS, Lourenço AP (2018) Rapid assessment of the orchid bee fauna (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) in the vicinity of an urban Atlantic Forest remnant in São Paulo, Brazil. *Braz J Biol*. doi: 10.1590/1519-6984.171286
- Costa CP, Franco TM (2017) The impact of different phytophysiognomies on the composition of orchid bee communities (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) in the Atlantic forest in Brazil. *Ann Entomol Soc of Am*. doi: 10.1093/aesa/saw089
- Coutinho LM (1978) O conceito de Cerrado. *Rev Bras Bot* 1:17–23
- Dodson CH, Dressler RL, Hills HG (1969) Biologically active compounds in orchid fragrances. *Science* 164:1243–1249. doi: 10.1126/science.164.3885.1243
- Dodson CH, Frymire GP (1961) Preliminary studies in the genus *Stanhoepa* (Orchidaceae). *Ann Mo Bot Gard* 48:137-172. doi: 10.2307/2394881
- Dressler (1982) Biology of the orchid bees (Euglossini). *Ann Rev Ecol Syst* 1:373–394
- Eltz T, Whitten WM, Roubik DW, Linsenmar KE (1999) Fragrance collection, storage, and accumulation by individual male orchid bees. *J Chem Ecol* 25:157–176

- Faria LRR, Silveira FA da (2011) The orchid bee fauna (Hymenoptera, Apidae) of a core area of the Cerrado, Brazil: the role of riparian forests as corridors for forest-associated bees. *Biota Neotrop* 11:87–94. doi: 10.1590/S1676-06032011000400009
- Fortin MJ, Gurevitch J (1993) Mantel tests: spatial structure in field experiments. In: Scheiner SM, Gurevitch J (ed.) *Design and analysis of ecological experiments*. New York, pp 342-359.
- Furley PA (1999) The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. *Glob Ecol Biogeogr* 8:223–241
- Grandolfo VA, Bozza Junior RC, Silva Neto CM, *et al* (2013) Riqueza e abundância de abelhas Euglossini (Hymenoptera, Apidae) em Parques Urbanos de Goiânia, Goiás) em parques urbanos de Goiânia, Goiás. *EntomoBrasilis* 6:126–131. doi: 10.12741/ebrasilis.v6i2.296
- Giehl, NFS, Valadão, MBX., Brasil, LS, *et al* (2013). O Efeito do Fogo sobre a Comunidade de Abelhas Euglossini (Hymenoptera: Apidae) em Floresta de Transição Cerrado-Amazônia (Mato Grosso, Brasil). *EntomoBrasilis* 6, 178-183
- Hammer O, Harper DAT, Ryan PD (2001) PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4:1–9
- INPE – Instituto de Pesquisas Espaciais. (2017). Dados de plataformas de coleta de dados meteorológicos (PCDs) operadas pelo Centro de previsão do tempo e estudos climáticos (CPTEC/INPE), PCD-ID 32477 (Balsas MET)
- Janzen DH, DeVries PJ, Higgins ML, Kimsey LS (1982) Seasonal and site variation in Costa Rican euglossine bees at chemical baits in lowland deciduous and Evergreen forests. *Ecology* 63:66–74. doi: 10.2307/1937032
- Justino DG, Augusto SC (2010) Avaliação da eficiência de coleta utilizando armadilhas aromáticas e riqueza de Euglossini (Hymenoptera, Apidae) em áreas de Cerrado do Triângulo Mineiro. *Rev Bras Zooc* 12:227–239
- Klink CA, Machado RB (2005) Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conserv Biol* 19:707–713. doi: 10.1111/j.1523-1739.2005.00702.x
- Knoll FRN (2016) Variation in the abundance of neotropical bees in an Unpredictable seasonal environment. *Neotrop Entomol* 45:129–138. doi: 10.1007/s13744-015-0347-9
- Legendre, P, Legendre, L (1998) *Numerical Ecology*-Elsevier, 2nd edn. Elsevier, Amsterdam
- Martins DC, Albuquerque PMC, Silva FS, Rebêlo JMM (2016) First record of *Aglae caerulea* (Hymenoptera, Apidae, Euglossini) in Brazilian Cerrado east of the Amazon Region, Maranhão State, Brazil. *Braz J Biol* 76:554–556. doi: 10.1590/1519-6984.06415
- Martins DC, Albuquerque PMC, Silva FS, Rebêlo JMM (2018) Orchid bees (Apidae: Euglossini) in Cerrado remnants in northeast Brazil. *J Nat Hist* 52:627–644. doi: 10.1080/00222933.2018.1444210

- Mattozzo, V., Faria, L. R., & Melo, G. A. (2012). Orchid bees (Hymenoptera: Apidae) in the coastal forests of southern Brazil: diversity, efficiency of sampling methods and comparison with other Atlantic forest surveys. *Pap Avulsos Zool* 51: 505-515
- McCravy KW, Dyke JV, Creedy TJ, Roubik DW (2016) Orchid bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) of Cusuco national park, state of Cortés, Honduras. *Fla Entomol* 99:765–768. doi: 10.1653/024.099.0431
- Mendes FN, Rêgo MMC, Albuquerque PMC (2011) Fenologia e biologia reprodutiva de duas espécies de *Byrsonima* Rich. (Malpighiaceae) em área de Cerrado no Nordeste do Brasil. *Biota Neotrop* 11:103–115. doi: 10.1590/S1676-06032011000400011
- Mendes, FN, Rêgo MMC, Carvalho CC (2008) Abelhas Euglossina (Hymenoptera, Apidae) coletadas em uma monocultura de eucalipto circundada por Cerrado em Urbano Santos, Maranhão, Brasil. *Iheringia, Sér Zool* 98:285–290
- Miranda, IS (1995) Fenologia do estrato arbóreo de uma comunidade de Alter-do-Chão, PA. *Rev. Brasil. Bot.*, 18(2): 235-240.
- Morato EF, Campos LAO, Moure JS (1992) Abelhas Euglossini (Hymenoptera, Apidae) coletadas na Amazônia Central. *Rev Bras Entomol* 36:767–771
- Moreira EF, Santos RL da S, Silveira MS (2017) Influence of landscape structure on Euglossini composition in open vegetation environments. *Biota Neotrop* 17:1–7. doi: 10.1590/1676-0611-bn-2016-0294
- Moura DC, Schlindwein C (2009) Mata ciliar do Rio São Francisco como biocorredor para Euglossini (Hymenoptera: Apidae) de florestas tropicais úmidas. *Neotrop Entomol* 38:281–284. doi: 10.1590/S1519-566X2009000200018
- Moure JS, Melo GAR, Faria Jr., LRR (2012) Moure's bee catalogue. <http://moure.cria.org.br/catalogue>. Accessed 24 Mar 2018
- Murlis J. (1992) Odor plumes and how insects use them. *Annu Rev Entomol* 37:505–532. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.37.010192.002445>
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853–858. doi: 10.1038/35002501
- Nascimento S do, Canale GR, Silva DJ da (2015) Abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae) associadas á monocultura de eucalipto no Cerrado Mato-Grossense. *Rev Árvore* 39:263–273. doi: 10.1590/0100-67622015000200006
- Nemésio A (2006) *Euglossa anodorhynchi* sp. n. (Hymenoptera: Apidae), a new orchid bee from Southern Brazil. *Neotrop Entomol* 35:206–209. doi: 10.1590/S1519-566X2006000200008
- Nemesio, A. (2009). Orchid bees (Hymenoptera: Apidae) of the Brazilian Atlantic Forest. *Zootaxa*, 2041: 1-242.

- Nemésio A (2016) Orchid bees (Hymenoptera, Apidae) from the Brazilian savanna-like ‘Cerrado’: how to adequately survey under low population densities? *North West J Zool* 12:230–238
- Nemésio A, Faria LRR (2004) First assessment of the orchid-bee fauna (Hymenoptera: Apidae) at Parque Estadual do Rio Preto, a cerrado area in southeastern Brazil. *Lundiana* 5:113–117
- Nemésio A, Silveira FA (2010) Forest fragments with larger core areas better sustain diverse orchid bee faunas (Hymenoptera: Apidae: Euglossina). *Neotrop Entomol* 39:555–561. doi: 10.1590/S1519-566X2010000400014
- Nemésio A, Vasconcelos HL (2014) Effectiveness of two sampling protocols to survey orchid bees (Hymenoptera: Apidae) in the Neotropics. *J Insect Conserv* 18:197–202. doi: 10.1007/s10841-014-9629-5
- Oliveira ML de (2006) Nova hipótese de relacionamento filogenético entre os gêneros de Euglossini e entre as espécies de *Eulaema* Lepeletier, 1841 (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Acta Amaz* 36:273–285. doi: 10.1590/S0044-59672006000200018
- Oliveira-Filho AT, Ratter JA (1995) A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. *Edinb J Bot* 52:141. doi: 10.1017/S0960428600000949
- Oliveira-Junior, JMBD, Almeida SM, Rodrigues L, Silvério Junior AJ, Anjos-Silva EJ (2015) Orchid bees (Apidae: Euglossini) in a forest fragment in the ecotone Cerrado-Amazonian forest, Brazil. *Acta Biol Colomb* 20: 67-78.
- Palma S (1975). Contribución al estudio de los sifonoforos encontrados frente a la costa de Valparaíso. Aspectos ecológicos. In: II Simposio Latinoamericano sobre Oceanografía Biológica, Univ. d'Orient, Venezuela, 2:119-133.
- Peruquetti RC, Campos LA de O, Coelho CDP, *et al* (1999) Abelhas Euglossini (Apidae) de áreas de Mata Atlântica: abundância, riqueza e aspectos biológicos. *Rev Bras Zool* 16:101–118. doi: 10.1590/S0101-81751999000600012
- Pielou EC (1977) Ecological diversity. New York, p 165
- Pires E, Morgado L, Souza B (2013) Community of orchid bees (Hymenoptera: Apidae) in transitional vegetation between Cerrado and Atlantic Forest in southeastern Brazil. *Braz J Biol* 73:507–513. doi: 10.1590/S1519-69842013000300007
- Powell AH, Powell GVN (1987) Population dynamics of male euglossine bees in Amazonian forest fragments. *Biotrop* 19:176. doi: 10.2307/2388742
- R Development core team (2018) R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>. Accessed 18 dec 2018
- Ramalho AV, Gaglianone MC, Luiz M (2009) Comunidade de machos de Euglossini (Hymenoptera, Apidae) em fragmentos de Mata Atlântica no sudeste do Brasil. *Rev Bras Entomol* 53:95–101

- Ramirez SR (2006) *Euglossa samperi* n. sp., a new species of orchid bee from the Ecuadorian Andes (Hymenoptera: Apidae). *Zootaxa* 1272:61–68
- Ratter J, Ribeiro, JF., Bridgewater, S (1997) The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Ann Bot* 80:223–230. doi: 10.1006/anbo.1997.0469
- Rebêlo JMM, Cabral, A.J.M (1997) Abelhas Euglossinae de Barreirinhas, zona do litoral da baixada oriental maranhense. *Acta Amaz* 27:145–152
- Rebêlo JMM, Silva FS (1999) Distribuição das abelhas Euglossini (Hymenoptera: Apidae) no estado do Maranhão, Brasil. *An Soc Entomol Bras* 28:389–401. doi: 10.1590/S0301-80591999000300003
- Rebêlo, JMM; Rêgo, MMC, Albuquerque, PMC (2003) Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) da região setentrional do estado do Maranhão, Brasil. In: Melo GAR, Alves-Dos-Santos I (eds) *Apoidea Neotropica: homenagem aos 90 anos de Jesus Santiago Moure*. Criciúma, Editora UNESC, p 265-278.
- Silva, C JM, Bates JM (2002) Biogeographic patterns and conservation in the south American Cerrado: A Tropical Savanna Hotspot. *Biosc* 52:225–234. doi: 10.1641/0006-3568(2002)052[0225:BPACIT]2.0.CO;2
- Silva FS (2012) Orchid bee (Hymenoptera: Apidae) community from a gallery forest in the Brazilian Cerrado. *Rev Biol Trop* 60:625–6633. doi: 10.15517/rbt.v60i2.3949
- Silva FS, Rebêlo JMM (1999) Euglossine bees (Hymenoptera: Apidae) of Buriticupu, Amazonia of Maranhão, Brazil. *Acta Amaz* 29:587–599
- Silva HG, Figueiredo N, Andrade GV (2008) Estrutura e composição florística da vegetação de um cerradão do Maranhão, Brasil. *Rev Árvore* 32:921–930
- Silveira GC, Nascimento AM, Sofia SH, Augusto SC (2011) Diversity of the euglossine bee community (Hymenoptera, Apidae) of an Atlantic Forest remnant in southeastern Brazil. *Rev Bras Entomol* 55:109–115. doi: 10.1590/S0085-56262011000100017
- Silveira GC, Freitas RF, Tosta THA, Rabelo LS, Gaglianone MC, Augusto SC (2015) The orchid bee fauna in the Brazilian savanna: do forest formations contribute to higher species diversity? *Apidologie* 46:197–208. doi: 10.1007/s13592-014-0314-1
- Solar RR de C, Chaul JCM, Maués M, Schoereder JH (2016) A Quantitative baseline of ants and orchid bees in human-modified Amazonian landscapes in Paragominas, PA, Brazil. *Sociobiology* 63:925. doi: 10.13102/sociobiology.v63i3.1052
- Souza AKP de, Hernández MIM, Martins CF (2005) Riqueza, abundância e diversidade de Euglossina (Hymenoptera, Apidae) em três áreas da Reserva Biológica Guaribas, Paraíba, Brasil. *Rev Bras Zool* 22:320–325. doi: 10.1590/S0101-81752005000200004
- Storck-Tonon D, Morato EF, Melo AWF de, Oliveira ML de (2013) Orchid bees of forest fragments in southwestern Amazônia. *Biota Neotrop* 13:133–141. doi: 10.1590/S1676-06032013000100015

- Storck-Tonon D, Morato EF, Oliveira ML (2009) Fauna de euglossina (Hymenoptera: Apidae) da Amazônia sul-ocidental, Acre, Brasil. *Acta Amaz* 39:693–706. doi: 10.1590/S0044-59672009000300026
- Tonhasca A, Blackmer JL, Albuquerque GS (2002) Abundance and diversity of euglossine bees in the fragmented landscape of the Brazilian Atlantic forest1. *Biotrop* 34:416–422. doi: 10.1111/j.1744-7429.2002.tb00555.x
- Tosta THA, Silveira G do C, Schiavini I, *et al* (2017) Using short-term surveys and mark–recapture to estimate diversity and population size of orchid bees in forest formations of the Brazilian savanna. *J Nat Hist* 51:391–403. doi: 10.1080/00222933.2016.1274441
- Vilhena PDS (2017) Male orchid bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) in canopy and understory of Amazon várzea floodplain forest. I. Microclimatic, Seasonal and Faunal Aspects. *Sociobiology* 64:191. doi: 10.13102/sociobiology.v64i2.1232
- Wolda H (1981) Similarity indices, sample size and diversity. *Oecologia* 50:296–302. doi: 10.1007/BF00344966
- INPE (2018) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. <http://www.inpe.br/>. Accessed 4 Jun 2018
- Zar JH (1996) Biostatistical analysis. Third editions Prentice-Hall International Editions, New Jersey, p 662

Orchid bees (Apidae: Euglossini) in three phytophysionomies of the Cerrado biome in northeastern Brazil

MWA Mendonça^{1,2}, DC Martins^{1,3}, MMC Rêgo^{1,2}, JMM Rebêlo^{1,2,3}, PMC Albuquerque^{1,2,3}

¹ Laboratório de Estudos sobre Abelhas (LEACOL), Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brazil

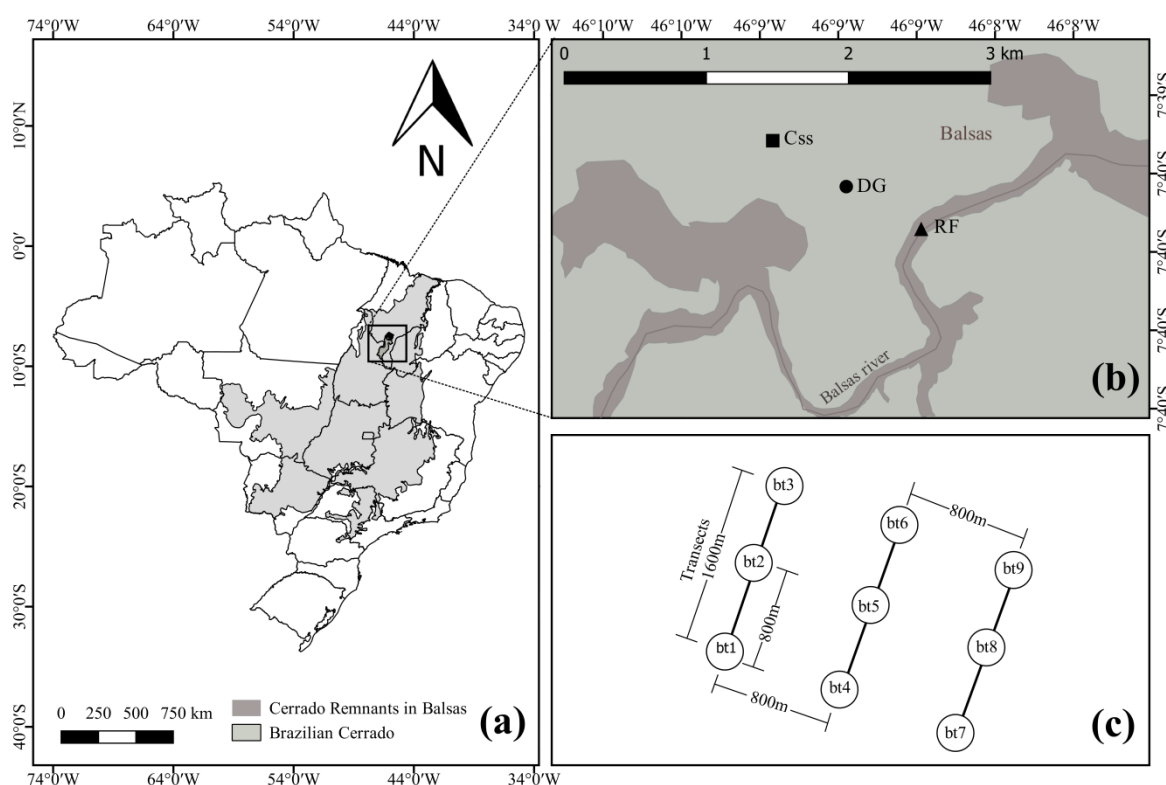
² Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brazil

³ Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede Bionorte, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brazil

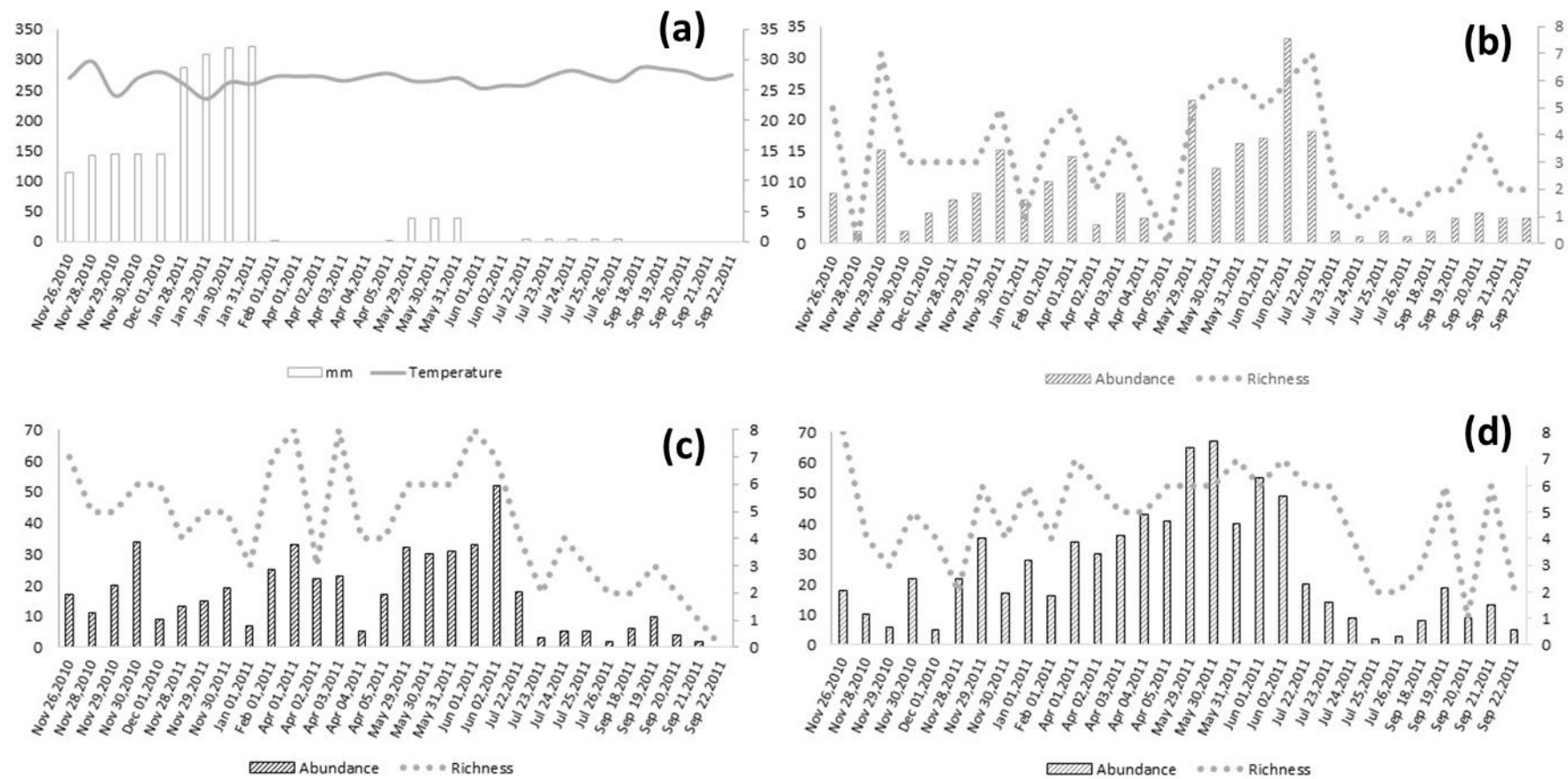
Correspondence

Márcio W A Mendonça; Laboratório de Estudos sobre Abelhas (LEA), Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, 1966, Cidade Universitária, 65080-805, São Luís, MA, Brazil; mwmendonca@yahoo.com.br

Figures



- 1 Fig 1 Map showing the distribution of the Brazilian Cerrado (a). The study areas in Balsas,
- 2 south of Maranhão (b). Sample design carried out in each study area, showing the transects
- 3 used for the surveyed of Euglossine males (c). The circles are the number of sampling points
- 4 by the bait traps method (bt1 to bt9). The sampling points were separated by 800 m.



5 Fig 2 Climatic conditions (precipitation and temperature) during the sampling of Euglossini males in the Cerrado biome, Balsas, Maranhão (a).
 6 Abundance and richness in riparian forest (b), dry grassland (c) and cerrado s.s. (d).

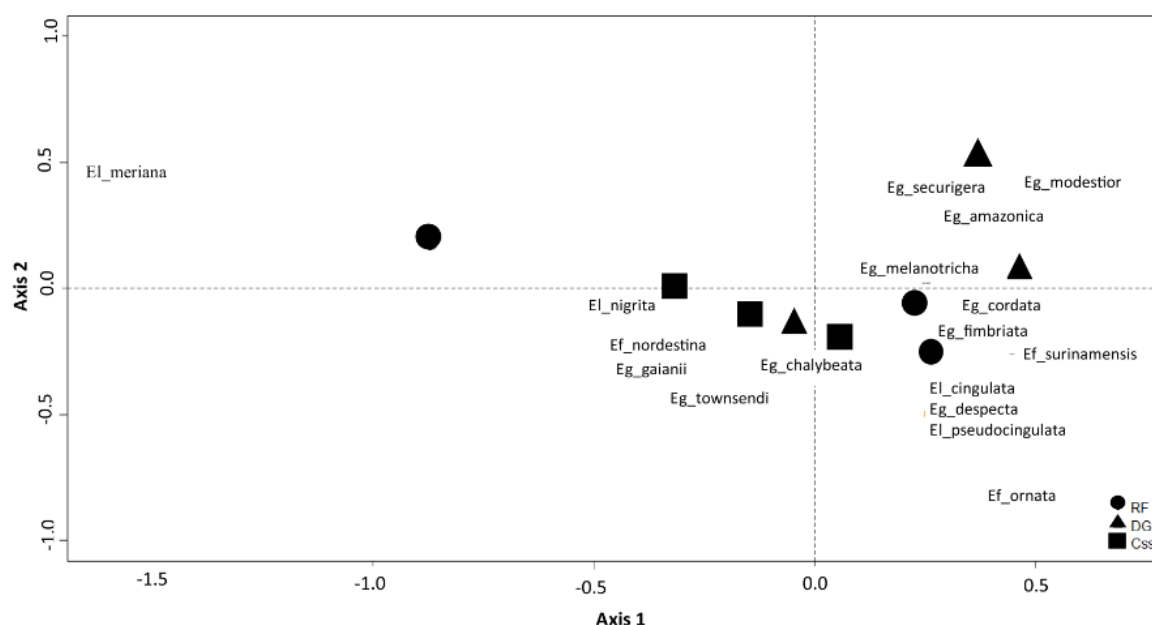


Fig 3 Non-metric multidimensional scaling (NMDS) of the Euglossini communities captured in the cerrado s.s. (Css; square), dry grassland (DG; triangle), and riparian forest (RF; circle) phytophysiognomies in Balsas, Maranhão. Distributions are based on Bray-Curtis similarity coefficients. Stress value = 0.011.

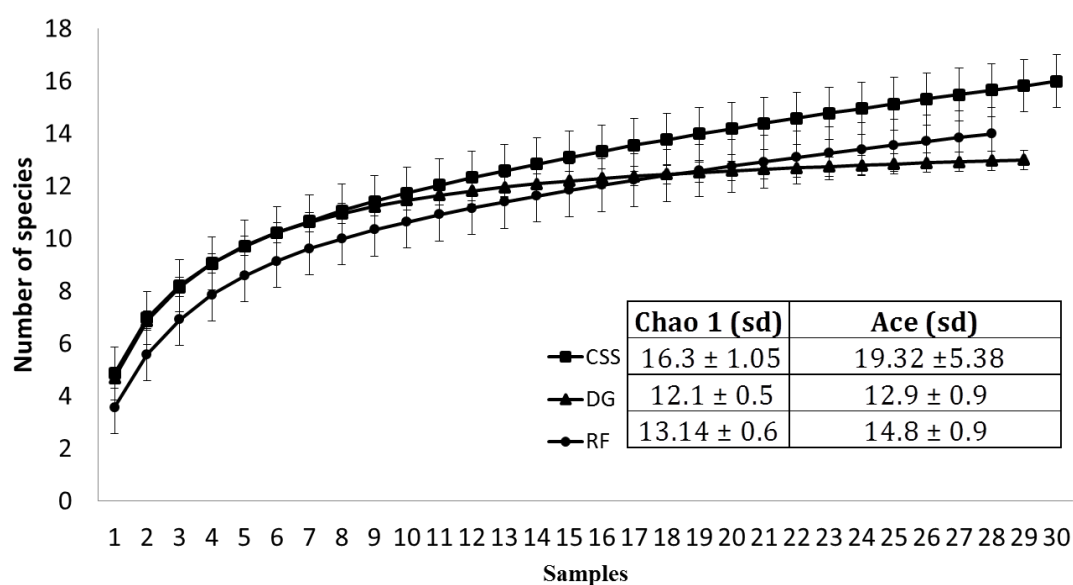


Fig 4 Species accumulation curve generated from Chao1 and Ace (from 1000 permutations) richness estimators for the Euglossine communities captured in cerrado s.s. (Css), dry grassland (DG), and riparian forest (RF), from November 2010 to September 2011 in Balsas, Maranhão, Brazil. Note: sd=standard deviation.

Orchid bees (Apidae: Euglossini) in three phytophysiognomies of the Cerrado biome in northeastern Brazil

MWA Mendonça^{1,2}, DC Martins^{1,3}, MMC Rêgo^{1,2}, JMM Rebêlo^{1,2,3}, PMC Albuquerque^{1,2,3}

¹ Laboratório de Estudos sobre Abelhas (LEACOL), Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brazil

² Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brazil

³ Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede Bionorte, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brazil

Correspondence

Márcio W A Mendonça; Laboratório de Estudos sobre Abelhas (LEA), Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, 1966, Cidade Universitária, 65080-805, São Luís, MA, Brazil; mwmendonca@yahoo.com.br

- 1 **Table S1** List of Euglossini species sampled in different studies conducted in contact areas between Cerrado-Amazon forest (CAm), Cerrado-Atlantic forest (CAf), Cerrado-Eucalyptus culture (CEc) and Cerrado *sensu lato* (Csl).

	Maranhão				Minas Gerais		São Paulo	Goias		Bahia	Mato Grosso	
Species	*1	CAm ²	CEc ³	Csl ^{4,5,6}	CAf ^{7,8}	Csl ^{9,10,11,12,13,14,15}	Csl ¹⁶	CAm ¹⁷	Csl ¹⁸	Csl ^{19,20}	CEc ²¹	CAm ²²
<i>Aglae caerulea</i>		X										
<i>Eufriesea auriceps</i>		X	X	X	X	X					X	
<i>Eufriesea nordestina</i>	X											
<i>Eufriesea dentilabris</i>					X							
<i>Eufriesea nigrohirta</i>					X							
<i>Eufriesea mussitans</i>			X	X								
<i>Eufriesea ornata</i>	X			X								
<i>Eufriesea pulchra</i>				X								
<i>Eufriesea superba</i>											X	
<i>Eufriesea surinamensis</i>	X	X		X		X						X
<i>Eufriesea vidua</i>		X									X	
<i>Eufriesea violacea</i>					X		X					
<i>Euglossa augaspiis</i>											X	
<i>Euglossa amazonica</i>	X	X		X		X						
<i>Euglossa annectans</i>					X		X					
<i>Euglossa aratingae</i>					X							
<i>Euglossa avicula</i>				X								
<i>Euglossa bidentata</i>		X										X
<i>Euglossa bursigera</i>												X
<i>Euglossa chalybeate</i>	X		X	X								X
<i>Euglossa cordata</i>	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X
<i>Euglossa decorate</i>						X						
<i>Euglossa despecta</i>	X	X		X	X	X						
<i>Euglossa fimbriata</i>	X	X		X	X	X	X			X		
<i>Euglossa gaiannii</i>	X		X	X								

<i>Euglossa hemichlora</i>		X		X								
	Maranhão				Minas Gerais		São Paulo	Goias		Bahia	Mato Grosso	
Species	*1	CAM ²	CEC ³	Csl ^{4,5,6}	CAf ^{7,8}	Csl ^{9,10,11,12,13,14,15}	Csl ¹⁶	CAM ¹⁷	Csl ¹⁸	Csl ^{19,20}	CEC ²¹	CAM ²²
<i>Euglossa heterosticta</i>												X
<i>Euglossa jacquelynae</i>						X						
<i>Euglossa leucotricha</i>					X					X		
<i>Euglossa liopoda</i>				X								
<i>Euglossa melanotricha</i>	X	X	X	X	X	X	X			X	X	
<i>Euglossa mixta</i>											X	
<i>Euglossa modestior</i>	X	X	X	X							X	
<i>Euglossa mourei</i>											X	
<i>Euglossa parvula</i>											X	
<i>Euglossa platymera</i>		X										
<i>Euglossa pleosticta</i>		X		X		X	X				X	X
<i>Euglossa securigera</i>	X	X		X	X	X	X			X		X
<i>Euglossa stellfeldi</i>					X							
<i>Euglossa townsendi</i>		X	X	X		X						
<i>Euglossa truncate</i>				X	X	X	X					
<i>Euglossa imperialis</i>					X	X			X			X
<i>Euglossa ignita</i>		X		X							X	X
<i>Euglossa variabilis</i>									X			
<i>Euglossa viridis</i>						X						
<i>Eulaema bombiformis</i>	X	X		X				X				X
<i>Eulaema cingulata</i>	X	X	X	X	X	X		X			X	X
<i>Eulaema helvola</i>						X						
<i>Eulaema pseudocingulata</i>	X	X		X	X	X					X	
<i>Eulaema meriana</i>	X	X		X				X				
<i>Eulaema mocsary</i>								X			X	X
<i>Eulaema nigrita</i>	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
<i>Eulaema seabrai</i>					X							
<i>Exaerete dentate</i>						X						

<i>Exaerete frontalis</i>	X	X							
<i>Exaerete smaragdina</i>	X	X	X	X	X	X		X	X
<i>Exaerete trochanterica</i>		X							

3 Included studies *¹ This study, ² Martins *et al* (2018), ³ Mendes *et al* (2008), ⁴ Rebêlo and Cabral (1997), ⁵ Carvalho *et al* (2006), ⁶ Silva (2012), ⁷
4 Pires *et al* (2013), ⁸Antonini *et al* (2016),⁹Nemésio and Faria 2004, ¹⁰ Alvarenga *et al* (2007), ¹¹ Faria and Silveira (2010), ¹² Silveira *et al* (2015),
5 ¹³ Nemésio (2016), ¹⁴ Tosta *et al* (2017), ¹⁵ Justino and Augusto (2010), ¹⁶ Knoll (2016), ¹⁷ Giehl *et al* (2013), ¹⁸ Grandolfo *et al* (2016), ¹⁹ Neves
6 and Viana (2003), ²⁰ Moreira *et al* (2017), ²¹ Nascimento *et al* (2015), ²² Oliveira *et al* (2015).
7

Orchid bees (Apidae: Euglossini) in three phytophysiognomies of the Cerrado biome in northeastern Brazil

MWA Mendonça^{1,2}, DC Martins^{1,3}, MMC Rêgo^{1,2}, JMM Rebêlo^{1,2,3}, PMC Albuquerque^{1,2,3}

¹ Laboratório de Estudos sobre Abelhas (LEACOL), Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brazil

² Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brazil

³ Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede Bionorte, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brazil

Correspondence

Márcio W A Mendonça; Laboratório de Estudos sobre Abelhas (LEA), Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, 1966, Cidade Universitária, 65080-805, São Luís, MA, Brazil; mwmendonca@yahoo.com.br

Tables

Table 1 Diversity of orchid bees sampled in phytophysiognomies of cerrado s.s (Css), dry grassland (DG) and riparian forest (RF). Sampling from November 2010 to September 2011 in Balsas, south of Maranhão, Brazil. Categories (Ct): common species (c); intermediate species (i); rares species (r) of orchid bee sampled in bait traps containing eucalyptol (1), eugenol (2) and vanillin (3).

Species	Ct	Baits	Css	DG	RF	Total
<i>Eufriesea nordestina</i> (Moure)	R	2	1			1 (0.07)
<i>Eufriesea ornata</i> (Mocsáry)	R	2	1		1	2 (0.13)
<i>Eufriesea surinamensis</i> (Linnaeus)	R	1,2,3			1	1 (0.07)
<i>Euglossa amazonica</i> Dressler	I	1,2,3	14	18	3	35 (2.34)
<i>Euglossa cordata</i> (Linnaeus)	C	1	70	85	40	195 (13.03)
<i>Euglossa chalybeata</i> Friese	R	1,2	3	4	1	8 (0.53)
<i>Euglossa despecta</i> Moure	I	1,2,3	20	11	11	42 (2.81)
<i>Euglossa fimbriata</i> Moure	C	1,2	67	62	37	166 (11.1)
<i>Euglossa gaianii</i> Dressler	R	1	1			1 (0.07)
<i>Euglossa melanotricha</i> Moure	C	1,2,3	52	45	17	114 (7.62)
<i>Euglossa modestior</i> Dressler	R	1,2	2	4	2	8 (0.53)
<i>Euglossa securigera</i> Dressler	C	1,2,3	92	97	25	214 (14.3)
<i>Euglossa townsendi</i> Cockerell	R	1	1	1		2 (0.13)
<i>Eulaema cingulata</i> Fabricius	I	1,2,3	9	11	9	29 (1.94)
<i>Eulaema meriana</i> Oliver	R	1,3	1	2	1	4 (0.27)
<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier	C	1,2,3	386	147	92	625 (41.7)
<i>Eulaema pseudocingulata</i> Oliveira	I	1,2,3	21	16	12	49 (3.28)
Richness of species			16	13	14	17
Abundance			741	503	252	1.496
Dominance (d)			0.52	0.29	0.36	
Diversity (H')			1.63	1.95	1.93	1.82

Table 2 Euglossine males bees and its abundance in descending order of contribution to the differences between phytophysiognomies of cerrado s.s. (Css), dry grassland (DG) and riparian forest (RF), according to SIMPER, Balsas, Ma, Brazil. % = Accumulated percentage.

Species Contribution	Simpser Analysis		Average abundance by physiognomy		
		%	Css	DG	RF
<i>Eulaema nigrata</i>	22.2	42.6	127	49	30.7
<i>Euglossa securigera</i>	7.42	56.9	30.7	32.3	8
<i>Euglossa cordata</i>	5.93	68.3	23.3	28.3	13.3
<i>Euglossa fimbriata</i>	5.15	78.2	22.3	20.7	12.3
<i>Euglossa melanotricha</i>	3.76	85.4	17.3	14.3	5.6
<i>Eulaema pseudocingulata</i>	1.95	89.2	9	5.3	4
<i>Euglossa amazonica</i>	1.59	92.3	4.6	6.6	1
<i>Euglossa despecta</i>	1.50	95.2	6.6	3.6	3.6
<i>Eulaema cingulata</i>	1.02	97.1	3	3.6	3
<i>Euglossa chalybeata</i>	0.36	97.8	1	1.3	0.3
<i>Euglossa modestior</i>	0.30	98.4	0.6	1.3	0.6
<i>Eulaema meriana</i>	0.25	98.9	0.3	0.6	0.3
<i>Eufriesea nordestina</i>	0.17	99.2	0.3	0	0.3
<i>Eufriesea ornata</i>	0.12	99.5	0.3	0	0.3
<i>Euglossa townsendi</i>	0.11	99.7	0.3	0.3	0
<i>Eufriesea surinamensis</i>	0.06	99.8	0	0	0.3
<i>Euglossa gaianii</i>	0.06	100	0.3	0	0