

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO**

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DAS
POPULAÇÕES DE *Melipona subnitida* DUCKE, 1910
(APIDAE, MELIPONINI) RESIDENTES NO LIMITE SUL
DA ÁREA DE SUA DISTRIBUIÇÃO NATURAL**

CÂNDIDA BEATRIZ DA SILVA LIMA

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

OUTUBRO - 2014

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DAS
POPULAÇÕES DE *Melipona subnitida* DUCKE, 1910
(APIDAE, MELIPONINI) RESIDENTES NO LIMITE SUL
DA ÁREA DE SUA DISTRIBUIÇÃO NATURAL**

CÂNDIDA BEATRIZ DA SILVA LIMA

Engenheira Agrônoma

Universidade Estadual do Piauí, 2008

Dissertação submetida ao Colegiado de Curso do
Programa de Pós-Graduação em Ciências
Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo
da Bahia, como requisito para obtenção de Grau
de Mestre em Ciências Agrárias, Área de
Concentração: Fitotecnia

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

Coorientador: Dra. Lorena Andrade Nunes

Coorientador: Dra. Márcia de Fátima Ribeiro

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2014

FICHA CATALOGRÁFICA

M972 Lima, Cândida Beatriz da Silva

Caracterização morfométrica das populações de *Melipona subnitida* Ducke, 1910 (Apidae, Meliponini) residentes no limite sul da área de sua distribuição natural/ Cândida Beatriz da Silva Lima - Cruz das Almas, BA, 2014.

50f.; il. tab.. graf.

Orientador: Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

Coorientador: Lorena Andrade Nunes e Márcia de Fátima Ribeiro

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

1. Abelha - morfometria. 2. Abelha - jandaíra. 3. Abelha - meliponicultura. I. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II. Título.

CDD 20.ed. 638.12



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias

COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
CÂNDIDA BEATRIZ DA SILVA LIMA

Membro Presidente: Prof. Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho
Instituição: UFRB

Membro Externo à Instituição: Prof. Dr. Stephen Martin
Instituição: University of Salford, School of Environmental and Life Sciences

Membro Externo à Instituição: Profa. Dra. Maria Emilene Correia de Oliveira
Instituição: University of Salford, School of Environmental and Life Sciences

Homologada em / / .

Epígrafe

A abelha nasce e morre e a cera que ela engendra acende a luz quando escorre da vela que me orienta.

Nando Reis

À minha pequena grande família,
minha mãe Lúcia, meus irmãos Lúcio e
Marcos, ao meu amado e saudoso pai
Carlos, ao meu amigo incansável de
todas as horas, José Antonio, por
serem meu porto seguro.

Dedico

AGRADECIMENTO

Em primeiro lugar agradeço a Deus pelo dom da vida, sabedoria, força em todos os momentos e por me mostrar que o caminho guiado por Ele sempre é o melhor a seguir.

Aos anjos e espíritos de luz, pelo amparo nas noites escuras e nos momentos de aflição.

Ao orientador Prof. Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho, pela orientação, amizade, compreensão, confiança em mim depositada, pelo incentivo e por todos os ensinamentos nessa caminhada que não acaba aqui.

À Coorientadora Dra. Márcia de Fátima Ribeiro, pela amizade sincera, paciência na caminhada até aqui, pelo carinho, e por compartilhar comigo os seus conhecimentos.

À Coorientadora Dra. Lorena Andrade Nunes, por todo carinho, paciências, convívio, amizade e pela orientação fundamental na construção desse trabalho.

Ao senhor Anselmo Junior, Alberto Gaspar e ao senhor Vilmar por contribuírem de forma primordial na localização de criadores de abelhas jandaíra no estado de Pernambuco.

À todos os criadores de jandaíra que contribuíram permitindo a coleta das abelhas para a realização deste trabalho.

Aos Professores da pós-graduação pelos ensinamentos no decorrer do mestrado.

Ao funcionário da Embrapa Semiárido, o senhor Francisco Nonato, pela amizade, conselhos e ajuda nas coletas.

Às companheiras de trabalho e amigas Juliara e Francimária (meus pigmeus), pelas risadas, aprendizado, trabalhos divididos e acima de tudo por conseguirem manter firme a nossa amizade mesmo estando tão distante.

A minha mãe Lúcia, meu amor maior, aos meus irmãos Lúcio e Marcos, por todo amor, carinho, confiança e união em todos os momentos das nossas vidas.

Ao meu pai Carlos Valfredo, que virou estrelinha e hoje brilha lá no céu para me iluminar.

A minha família de Cruz das Almas, Maria, Maiara e Juninho, por estarem sempre presentes.

Aos colegas do Grupo Insecta, pelas divisões de tarefas, companheirismo, amizade, risos e acima de tudo, por todo aprendizado adquirido nessa jornada.

Ao Dr. Cherre Sade, pela amizade, contribuições no meu trabalho e confiança em mim, muito obrigada por tudo.

À prima Gisela, por todo carinho, apoio, incentivo, confiança, por me amparar nos momentos difíceis e comemorar comigo nos momentos de alegria.

Aos tios Alice, Gabriel, Jussara e Cláudio por todo carinho, atenção, força e amor a mim dedicado.

À uma pessoa muito importante na minha vida, José Antonio de Souza Batista, ex-professor, amigo, companheiro, pessoa muito especial e muito importante em minha vida, obrigada por tudo, essa conquista também é sua.

Aos amigos conquistados nessa jornada, todos foram muito importantes na minha chegada até aqui.

Aos colegas de pós-graduação, especialmente à Eduarda Malheiros pela amizade construída, por partilhar dos seus momentos comigo, pelos conselhos, conversas e alegrias compartilhadas.

À minha companheira de casa, amiga, irmã...chegou e ficou...gosto muito de você Ju.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

Projeto Jandaíra - Embrapa Meio Norte, Coordenado pelo Dr. Bruno de Almeida Souza.

À todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Página

RESUMO

ABSTRACT

INTRODUÇÃO.....1

CAPÍTULO 1

ESTRUTURA POPULACIONAL DE *Melipona subnitida* (Apidae, Meliponini) NO LIMITE SUL DE SUA DISTRIBUIÇÃO, BASEADO EM MORFOMETRIA GEOMÉTRICA DE ASAS ANTERIORES.....12

CAPÍTULO 2

DIFERENÇAS MORFOMÉTRICAS E ASSIMETRIA FLUTUANTE EM *Melipona subnitida* DUCKE (HYMENOPTERA: APIDAE) EM DIFERENTES TIPOS DE HABITAÇÃO..... 29

CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 46

ANEXOS 47

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DAS POPULAÇÕES DE *Melipona subnitida* DUCKE, 1910 (APIDAE, MELIPONINI) RESIDENTES NO LIMITE SUL DA ÁREA DE SUA DISTRIBUIÇÃO NATURAL

Autora: Cândida Beatriz da Silva Lima

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

RESUMO: A criação de *Melipona subnitida* é uma atividade de importância econômica e ecológica por incrementar a renda de agricultores familiares e pela polinização. Uma vez que o extrativismo predatório de ninhos e a perda de habitat vêm ameaçando populações de *M. subnitida*, conhecimento sobre a sua diversidade populacional é importante para o desenvolvimento de planos de manejo e conservação desta espécie. Uma técnica eficiente para se determinar a diversidade populacional em insetos é a morfometria geométrica. Assim, os objetivos desse trabalho foram (i) determinar a estrutura populacional de *M. subnitida* no limite Sul da área de sua distribuição natural; e (ii) determinar o efeito do ambiente de nidificação (caixa ou cortiço) sobre a morfologia das asas de *M. subnitida*. Adultas de nove populações de *M. subnitida* foram coletadas a partir de 63 colônias distribuídas no Norte da Bahia, Oeste de Alagoas e Chapada do Araripe, e Agreste de Pernambuco, áreas que constituem o limite Sul da distribuição natural dessa espécie. Marcos anatômicos localizados entre as nervuras das asas anteriores das abelhas foram utilizados como parâmetro de comparação. Os resultados revelaram que as nove populações estudadas podem ser agrupadas em três grupos principais, sendo a distância geográfica que separa as diferentes populações o principal fator determinante na formação destes grupos. Além disso, observaram-se diferenças significativas na morfometria geométrica entre indivíduos provenientes de caixas e cortiços, revelando o ambiente de nidificação como um fator elevador da plasticidade fenotípica. Estes resultados vão contribuir para a formulação de planos de manejo e conservação de *M. subnitida* no limite Sul de sua distribuição natural.

Palavras-chave: Meliponicultura, jandaíra, morfometria geométrica.

MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION OF *Melipona subnitida* DUCKE, 1910 (APIDAE, MELIPONINI) POPULATIONS FROM THE SOUTHERN BOUNDARY OF ITS NATURAL DISTRIBUTION

Author: Cândida Beatriz da Silva lima

Adviser: Prof. Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

ABSTRACT: The rearing of *Melipona subnitida* is an activity of economic and ecological importance for increasing the income of farmers and for pollination. Once the predatory extraction of nests and habitat loss are threatening populations of *M. subnitida*, knowledge about its population diversity is important for the development of management plans and conservation of this species. An efficient technique for determining the diverse population of insects is the geometric morphometrics. The objectives of this study were (i) to determine the population structure of *M. subnitida* at the southern limit of its natural distribution area; and (ii) determining the effect of the nesting environment (box or tree trunk) on the morphology of the wings of *M. subnitida*. Adults of nine *M. subnitida* populations were collected from 63 colonies distributed in Northern Bahia, Alagoas and Chapada do Araripe, and Wasteland of Pernambuco, areas that constitute the southern limit of the natural distribution of this species. Anatomical landmarks located between the veins of forewings were used as a comparison parameter. The results revealed that the nine populations studied could be grouped into three main groups, with the geographical distance that separates different populations the main determining factor in the formation of these groups. In addition, there were significant differences in the geometric morphometric among individuals from boxes and tree trunks, revealing the nesting environment as a factor that increases the phenotypic plasticity of *M. subnitida*. These results will contribute to the formulation of management plans and conservation of *M. subnitida* at the southern limit of its natural distribution.

Keyword: Meliponiculture, jandaira, geometric morphometrics.

INTRODUÇÃO

As abelhas sem ferrão são pertencentes à subfamília Meliponinae (Hymenoptera, Apidae) e são caracterizadas por possuírem ferrão atrofiado, o que as torna incapazes de ferroar (CAMARGO e PEDRO, 2007). São abelhas eussociais, constituídas de uma colônia composta por uma rainha, responsável pela postura, dezenas ou até centenas de operárias, que realizam atividades de limpeza, construção, alimentação de cria, etc. e alguns zangões, que realizam a cópula com a rainha e, eventualmente, desenvolvem atividades dentro da colônia (MICHENER, 2013).

Os meliponíneos ocupam uma grande parte de regiões de clima tropical e subtropical do planeta, sendo encontrados na maior parte no território Latino Americano (NOGUEIRA-NETO, 1997). Segundo Moure et al. (2007), as abelhas aparecem em algumas áreas semidesérticas temperadas do mundo, onde na América do Sul são consideradas abundantemente progressiva do cerrado para campos nativos do Brasil, sendo conhecidas cerca de 500 espécies (MICHENER, 2013) que se diferenciam quanto ao tamanho, cor, forma, tamanho do ninho e hábitos de nidificação (PEREIRA, 2005).

Existem muitos interesses na criação dessas abelhas em diversas partes do mundo, variando desde a pesquisa, exploração comercial e educação ambiental (SOUZA et al., 2009). A criação racional denominada meliponicultura, pode ter como finalidades o lazer, a exploração dos produtos da colméia como fonte de renda e a preservação de espécies (VILLAS-BÔAS, 2012), e a criação tradicionalmente onde as abelhas são mantidas e criadas em cortiços, que são troncos onde as colônias estavam nidificadas naturalmente co finalidade de lazer e preservação ambiental (NOGUEIRA- NETO, 1997; BUCHMANN, 2006).

Outro destaque das abelhas é a polinização que segundo Kerr, (1997) as abelhas sem ferrão são responsáveis por cerca de 30% a 90% da atividade em culturas agrícolas e plantas nativas.

Apesar da importância das abelhas sem ferrão, o crescimento das atividades humanas com a exploração e a degradação de áreas naturais tem reduzido notadamente a polinização em diversas partes do mundo (BROWN e PAXTON, 2009), comprometendo a manutenção de colônias dessas abelhas em diferentes regiões. Outro problema enfrentado é a falta de preservação e conservação das espécies nativas principalmente aquelas encontradas na região Neotropical (MOURE et al., 2007).

Nos diferentes biomas brasileiros, espécies de abelhas sem ferrão se destacam, tanto pelo papel polinizador que exerce, quanto pela geração de renda e uso de produtos de suas colônias, especialmente ao nível da agricultura familiar. Na Caatinga, uma das espécies que se destacam é a *Melipona subnitida* Ducke, 1910 (MARTINS, 2002).

Melipona subnitida

Melipona subnitida é conhecida como abelha jandaíra, ocorre em diversas regiões do Nordeste como os estados de Alagoas, Bahia, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe (CAMARGO e PEDRO, 2007). Trata-se de uma das principais espécies de abelhas sem ferrão criadas nestes Estados (CENSO, 2005), apresentando mel de alto valor comercial e de boa qualidade (LOPES et al., 2007).

A jandaíra é um meliponíneo típico do sertão, de fácil manejo, criado com fins lucrativos, o que tem contribuído para a sua conservação (MENEZES, 2006). A criação dessa abelha pode ser considerada sustentável, pois inclui a restauração ambiental por meio da preservação e plantio de árvores, que servem de locais para a sua nidificação (CÂMARA et al., 2004).

Nidifica preferencialmente em espécies vegetais como a imburana (*Commiphora leptophloeos* Mart. J. B. Gillett) e catingueira (*Poincianella pyramidalis* Tul. L. P. Queiroz) (MARTINS et al., 2004) sendo intimamente associada a essas espécies vegetais. A preferência dessas abelhas por algumas espécies vegetais para forrageamento também mostram certa restrição, mesmo

em ambiente rico em diversidade (SILVA, 2006), tornando a espécie sensível ao desmatamento e reduzindo a sua dispersão (NEVES et al., 2002).

Um aspecto preocupante nos últimos tempos tem sido o corte de árvores que servem como local de abrigo para a nidificação e também a exploração predatória dos ninhos (BROWN e PAXTON, 2009), o que intensifica a necessidade de estudos populacionais. O conhecimento sobre a estrutura populacional de abelhas tem sido considerado fundamental para os planos de manejo e conservação de espécies ameaçadas (NUNES et al., 2008; BONATTI et al., 2014).

Considerando a importância da abelha jandaíra no âmbito social, econômico e ambiental, estudos sobre as suas populações vêm sendo realizados visando obter informações sobre diferentes aspectos, tais como a área de ocorrência natural das suas populações, de forma a ajudar a compreender a sua estratégia de vida e promover a sua conservação (CÂMARA et al., 2004).

A aplicação de ferramentas como a morfometria para avaliação da biodiversidade, caracterização das populações de uma determinada região (BONATTI et al., 2014, NUNES et al., 2008) e variações na morfologia em resposta a condições ambientais, de habitats ou formas de manejo a qual os indivíduos são submetidos (PALMER e STROBECK, 1986; PARSONS, 1990), podem contribuir com informações que ajudem na definição de planos de manejo e estratégias de conservação e preservação dessas espécies. Neste contexto duas ferramentas se destacam: a morfometria geométrica e a assimetria flutuante.

Morfometria geométrica

A aplicação de ferramentas como a morfometria para avaliação da biodiversidade e caracterização das populações de uma determinada região pode fornecer informações sobre migração, colonização, fragmentação de habitats e principalmente conservação da biodiversidade (ARAÚJO et al., 2004), contribuindo na definição de planos de manejo e estratégias de conservação e preservação dessas espécies.

A morfometria geométrica é uma ferramenta que permite a caracterização de semelhanças entre populações animais e sua localização geográfica, através de uma análise rigorosa da variação da forma de uma determinada estrutura nestes organismos. A aplicação mais comum da morfometria consiste na

identificação das configurações de marcos anatômicos, nos diversos caracteres morfológicos presentes (KLINGENBERG, 2002).

Trata-se de uma técnica que tem sido utilizada com sucesso na biologia evolutiva (variações geográficas, sazonais e demográficas), antropologia física, paleontologia e sistemática (BITNER-MATHÉ et al., 1995; MONTEIRO et al., 2002; FRIEB e BAYLAC, 2003; PRETORIUS, 2005; SHIPUNOV e BATEMAN, 2005; NUNES et al., 2008). Além disso, ela pode trazer informações importantes para os criadores de abelhas, uma vez que discrimina e identifica diferenças e semelhanças entre as colônias nas diferentes localizações geográficas de sua distribuição (DINIZ-FILHO e MALASPINA, 1995; WALDSCHMIDT et al., 2002; BAYLAC et al., 2003; ARAÚJO et al., 2004; FRANCOY et al., 2006).

De acordo com Francoy et al. (2008) a morfometria geométrica possui uma precisão que não se limita a variações maiores entre espécies, mas, variações intra-específicas que permite identificar a origem das colônias, identificar subespécies dentro de uma mesma espécie, descobrir colônias aparentadas dentro de uma mesma área.

Através da morfometria geométrica, também é possível discriminar colônias de diferentes localidades com eficiência no rastreamento geográfico de colônias, classificar colônias de uma espécie de abelha quando localizada em distintos países comparando as modificações no padrões de forma e tamanho das asas, contribuindo significativamente na meliponicultura, que tem por prática a introdução de diferentes colônias num mesmo meliponário (FRANCOY et al., 2011).

Assimetria Flutuante (AF)

Uma técnica que pode ser utilizada para a medição da influência de fatores externos sobre o fenótipo dos indivíduos em caracteres presumidos é a Assimetria Flutuante (AF), que é amplamente utilizada como uma medida de instabilidade no desenvolvimento de plantas e de animais (PALMER e STROBECK 1986). Esta técnica, por ser uma medida rápida e simples, tem sido freqüentemente utilizada para o monitoramento dos níveis de estresse ecológico, sejam eles abióticos e/ou bióticos, além de ser um indicativo de estresse (PEREIRA, 2011).

A assimetria pode ser utilizada para observar a influência das ações antrópicas nas mudanças ocorridas nos indivíduos. Em avaliação de mudanças ocorridas entre indivíduos da espécie *Erythrodiplax basalis* (Libellulidae: Odonata) de áreas com mata ciliar com características de organismos dessa mesma espécie em uma área onde a mata ciliar foi retirada, foi possível observar a presença de assimetria flutuante (REIS et al., 2011).

Medidas de AF na avaliação dos níveis de estresses conhecidos por organismos em sistemas naturais e artificiais já foram utilizados em vários experimentos (PALMER, 1994), dessa forma, considera-se que um fator de estresse ambiental ou métodos de manejos aplicados em colônias de abelhas podem influenciar no surgimento de assimetria flutuante.

Fatores que podem influenciar no desenvolvimento de abelhas criadas em caixas racionais confeccionadas em madeira é a utilização de material não ajustado para a criação com tamanhos específicos para cada espécie (NOGUEIRA-NETO, 1997; BUCHMANN, 2006), o manejo das colônias, a abertura das caixas para a alimentação artificial e o período de adaptação após o traslado de cortiço para caixa racional (NOGUEIRA-NETO, 1997).

O estresse gerado nas populações pode causar ruídos durante o desenvolvimento ontogenético dos indivíduos que por sua vez, pode ocasionar assimetrias nos mesmos.

Em estudos com abelhas da subtribo Euglossina (Hymenoptera: Apidae) avaliando populações em áreas de Floresta Estacional Semidecidual e em bordas de mata onde havia uma intensa ação antrópicas em épocas de chuva e frio e em épocas de seca e calor, constatando que havia uma variação de tamanho apenas quando variava a temperatura, relacionando assim o fator causador de estresse às modificações morfológicas nos indivíduos (SILVA, 2007).

Apesar da precisão da morfometria geométrica e dos diversos usos da assimetria flutuante ainda são escassos os estudos com abelhas sem ferrão.

Considerando a importância da espécie *M. subnitida* e a necessidade de estudos relacionados às suas populações este trabalho teve por objetivo avaliar possíveis divergências morfométricas em populações de *M. subnitida* residente no limite Sul de sua distribuição natural e presença de assimetria flutuante entre indivíduos criados em caixas racionais e cortiços.

O estudo foi dividido em dois Capítulos a seguir discriminados:

Capítulo 1: Estrutura populacional de *Melipona subnitida* (Apidae, Meliponini) no limite Sul de sua distribuição, baseado em morfometria geométrica de asas anteriores;

Capítulo 2: Avaliação de assimetria flutuante entre colônias em abelhas jandaira (*Melipona subnitida* Ducke, 1910) criadas em caixas racionais e em cortiço.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, E. D.; COSTA, M.; CHAUD-NETTO, J.; FOWLER, H. G. Body size and flight distance in stingless bees (Hymenoptera: Meliponini): Interference of flight range and possible ecological implications. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v.64, n.3B, p.563-368, 2004.

BAYLAC, M.; VILLEMANT, C.; SIMBOLOTTI, G. Combining geometric morphometric with pattern recognition for the investigation of species complexes. **Biological Journal of the Linnean Society**, Oxford, v.80, n.1, p.89–98, 2003.

BITNER-MATHÉ, B. C.; PEIXOTO, A. A.; KLACZKO, K. L. B. Morphological variation in a natural population of *Drosophila mediopunctata*: altitudinal cline, temporal changes and influence of chromosome inversions. **Heredity**, London, v.75, p. 54-61, Jul. 1995.

BONATTI, V.; SIMÕES, Z. L. P.; FRANCO, F. F.; FRANCOY, T. M. Evidence of at least two evolutionary lineages in *Melipona subnitida* (Apidae, Meliponini) suggested by mtDNA variability and geometric morphometrics of forewings. **Naturwissenschaften**. Germany, v.101, n.1, p. 17-24, 2014.

BROW, M. J. F.; PAXTON, R. J. The Conservation of bees: a global perspective. **Apidologie**, Germany, v.40, n.3, p.410-416, 2009.

BUCHMANN, S. L. **Threats to *Melipona beecheii* colonies and traditional meliponiculture: Conservation strategies for restoring stingless bees and forests of the Yucatan Peninsula, Quintana Roo, Mexico.** In: Encontro sobre abelhas VII., 2006, Ribeirão Preto: Anais... Ribeirão Preto: USP, 2006. 1 CD-ROM.

CAMARA, J. Q.; SOUZA, A. H.; VASCONCELOS, W. E. de; FREITAS, R. S.; MAIA, P. H. DA S.; ALMEIDA, J. C.; MARACAJÁ, P. B. Estudos de Meliponíneos, com ênfase a *Melipona subnitida* D. No município de Jandaíra, RN. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, Paraíba, v.4, n.1, p.20, 2004.

CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. R. M. Meliponini, Lepeletier, 1836. In: MOURE, J. S.; URBAN, D.; MELO, G. A. R. (Ed.). Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical region. Curitiba: **Sociedade Brasileira de Entomologia**, p. 272-578, 2007.

DINIZ-FILHO, A. F.; MALASPINA, O. Evolution and population structure of Africanized honey bee in Brazil: Evidence from spatial analysis of morphometrical data. **Evolution**, Lancaster, v.49, n.6, p.1172-1179, Dec. 1995.

FRANCOY, T. M.; PRADO, P. R. R.; GONÇALVES, L. S.; COSTA, L. da F.; JONG, D. de. Morphometric differences in a single wing cell can discriminate *Apis mellifera* racial types. **Apidologie**, Versailles, v.37, p.91-97, Jan. 2006.

FRANCOY, T. M.; WITTMANN, D.; DRAUSCHKE, M.; MÜLLER, S.; STEINHAGE, V.; BEZERRA-LAURE, M. A. F., JONG, D. de; GONÇALVES, L. S. Identification of Africanized honey bees through wing morphometrics: two fast and efficient procedures. **Apidologie**, Versailles, v.39, n.5, p.488-494, 2008.

FRANCOY, T. M.; GRASSI, M. L.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; MAY-ITZA, W. de J.; QUEZADA-EUAN, J. J. G. Geometric morphometrics of the wing as a tool for assigning genetic lineages and geographic origin to *Melipona beecheii* (Hymenoptera: Meliponini). **Apidologie**, Versailles, v.42, p.499-507, 2011.

FRIEB, M.; BAYLAC, M. Exploring artificial cranial deformation using elliptic fourier analysis of Procrustes aligned outlines. **American Journal of Physical Anthropology**, Washington, v.122, p.11-22, Sep. 2003.

KERR, W. E. A importância da meliponicultura para o país. **Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**. Brasília, v.1, p.42-44, 1997.

KLINGENBERG, C. P. Morphometrics and the role of the phenotype in studies of the evolution of developmental mechanisms. **Gene**. Bethesda, v.287, n.1-2, p.3-10, Apr. 2002.

LOPES, M. T. do R.; SILVA, J. O.; PEREIRA, F. de M.; CAMARGO, R. C. R.; NETO, J. M. V.; ROBEIRO, V. Q. **Atividade de Vôo de Abelhas Jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke, 1910) Instaladas em dois modelos de colméia**, pp.20, 2007. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/ INFOTECA-E).

MARTINS, C. F.; CORTOPASSI-LAURINO, M.; KOEDAM, D.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Espécies arbóreas utilizadas para nidificação por abelhas sem ferrão na Caatinga (Seridó, PB; João Câmara, RN). **Biota Neotropica**, São Paulo, v.4, n.2, p.1-8, 2004.

MARTINS, C. F. Diversity of the bee fauna of the Brazilian Caatinga. In: KEVAN, P. E IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. (Ed.). Pollinating bees – The conservation link between. **Agriculture and Nature Brasília**: Ministry of Environment, p.131-134, 2002.

MENEZES, P. **Criação racional da abelha jandaira**. IN: BRUENING, H. (Ed.). *Abelha jandaira*. 3. Natal-Brasil, p.121-135, 2006.

MICHENER, C. D. **Origin, Biodiversity and Behavior of the Stingless Bees (*Meliponini*)-The *Meliponini***. In: VIT, P.; PEDRO, S. R. M.; ROUBIK, D. W. (Ed.). *Pot-Honey-A legacy of stingless bees*. Springer: New York, p.03-17, 2013.

MONTEIRO, L. R.; MONTEIRO L. R.; DINIZ-FILHO, J. A.; REIS, S. F.; ARAÚJO, E. D. Geometric estimates of heritability in biological shape. **Evolution**, Lancaster, v.56, n.3, p.563- 572, Mar. 2002.

MOURE J. S.; URBAN, D.; MELO, G. A. R. Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical region. Curitiba, **Sociedade Brasileira de Entomologia**, 1058p, 2007.

NEVES, E. L.; VIANA, B. F. As abelhas eussociais (Hymenoptera, Apidae) visitantes florais em um ecossistema de dunas continentais no médio Rio São Francisco, Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v.46, n.4, p.571-578, 2002.

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas sem ferrão**. Editora Nogueirapis. São Paulo, 446p, 1997.

NUNES, L. A. ARAUJO, E. D.; CARVALHO, C. A. L.; WALDSCHMIDT, A. M. Population divergence of *Melipona quadrifasciata anthidioides* (Hymenoptera: Apidae) endemic to the semi-arid region of State of Bahia, Brazil. **Sociobiology**, California, v.52, p.81-93, 2008.

PALMER, A. R.; Strobeck, C. Fluctuating Asymmetry: Measurement, Analysis, Patterns. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Canadá, v.17, p.391-421, 1986.

PALMER, A. R. **Fluctuating asymmetry analyses**. In: MARKOW, T. A. (Ed.), *Developmental Instability: Its Origins and Evolutionary Implications*. Kluwer, Dordrecht, Netherlands, 1994, pp. 335-364.

PARSONS, F. A. Fluctuating asymmetry: an epigenetic measure of stress. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**. Cambridge, v. 65, p. 131-145, May. 1990.

PEREIRA, C. C. T. **Assimetria Flutuante, Herbivoria e Polinização em Melastomataceae**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 56p, 2011.

PEREIRA, D. S.; LEÃO, B. de L.; PEREIRA, N. S.; SOUSA, A. H.; MENDES, H. C.; MARACAJÁ, P. B. **Estudo da arquitetura de cortiços e ninhos de jandaíra (*Melipona subnitida*) para confecção de uma colmeia racional na região de Mossoró-RN**. 2005. Anais do XII Encontro de Pesquisa e Extensão (ENCOPE)-UERN.

PRETORIUS, E. Using geometric morphometrics to investigate wing dimorphism in males and females of Hymenoptera – a case study based on the genus *Tachysphex kohl* (Hymenoptera: Sphecidae: Larrinae). **Australian Journal of Entomology**, Australian, v.44, p.113-121, May. 2005.

REIS, E. F.; PINTO, N. S.; CARVALHO, F. G.; JÜEN, L. Efeito da integridade ambiental sobre a assimetria flutuante em *Erythrodiplax basalis* (Libellulidae: Odonata) (Kirby). **Entomobrasilis**, Brasil, v.4, n.3, p.103-107, 2011.

SHIPUNOV, A. B.; BATEMAN, R. M. Geometric morphometrics as a tool for understanding *Dactylorhiza* (Orchidaceae) diversity in European Russia. **Biological Journal of the Linnean Society**, London, v.85, p.1-12, Apr. 2005.

SILVA, T. M. S.; CAMARA, C. A.; LINSÁ, A. C. da S.; BARBOSA-FILHO, J. M.; SILVA, da E. M. S.; FREITAS, B. M.; SANTSO, dos F. de A. R. Chemical composition and free radical scavenging activity of pollen loads from stingless bee *Melipona subnitida* Ducke. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.19, p.507-511, 2006.

SILVA, C. D. A. **Varição morfológica e assimetria flutuante de abelhas euglossinas (Hymenoptera, Apidae) em diferentes áreas e estações distintas em uma reserva de floresta estacional semidecidual**. 2007. (Dissertação mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, pp.43.

SOUZA, B. de A.; CARVALHO, C. A. L.; ALVES, R. M. de O. **Munduri (*Melipona asilva*): a abelha sestrosa**. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 46p, 2009. (Série Meliponicultura-7).

VILLAS-BÔAS, J. Manual Técnico: Mel de abelhas sem ferrão. Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPAN). 2012, Brasília.96 p.

WALDSCHMIDT, A. M.; MARCO-JUNIOR, P.; BARROS, E. G.; CAMPOS, L. A. O. GENETIC ANALYSIS OF *Melipona quadrifasciata* LEP. (HYMENOPTERA: APIDAE, MELIPONINAE) WITH RAPD MARKERS. **Journal Brazilian Biological**. São Carlos, v.62, n.4B, p.923-928, 2002.

CAPÍTULO 1

ESTRUTURA POPULACIONAL DE *MELIPONA SUBNITIDA* (APIDAE, MELIPONINI) NO LIMITE SUL DE SUA DISTRIBUIÇÃO, BASEADO EM MORFOMETRIA GEOMÉTRICA DE ASAS ANTERIORES ¹

¹ Manuscrito ajustado, submetido e aceito pelo Comitê Editorial do periódico científico Sociobiology.

**Estrutura populacional de *Melipona subnitida* (Apidae, Meliponini)
no limite Sul de sua distribuição, baseado em morfometria
geométrica de asas anteriores**

Resumo: As abelhas prestam serviços fundamentais para a humanidade, e muitos pesquisadores têm se preocupado com a rápida perda de diversidade genética que estes organismos estão sofrendo. *Melipona subnitida* é endêmica Nordeste do Brasil e tem alto potencial para a produção de mel e cera; é também um importante polinizador no bioma Caatinga. As populações de *M. subnitida* têm cada vez mais diminuído devido ao extrativismo predatório e destruição de seu habitat. No entanto, o conhecimento sobre sua estrutura populacional poderia dar conhecimento sobre as estratégias de monitoramento e conservação da espécie. Foram coletadas operárias de nove municípios localizados no limite sul da distribuição das espécies e utilizadas técnicas de morfometria geométrica em suas asas anteriores em busca de covariância entre local de amostragem e morfologia da asa. Observou-se uma correlação muito significativa entre as duas variáveis, indicando que a divergência entre as populações amostradas de *M. subnitida* foi devido à distância geográfica entre os locais de amostragem e, portanto, sugerindo a formação de diferentes grupos de populações ao longo da zona geográfica estudada, cada uma com características específicas. Os habitat da *M. subnitida* tem sido cada vez mais fragmentados dificultando o fluxo genético entre as populações, dessa forma, espera-se que esses resultados contribuam para a formulação de planos de manejo e conservação para esta espécie, a fim de preservar a sua diversidade genética e, conseqüentemente, contribuir para a geração de renda para os apicultores em programas de meliponicultura.

Palavras-chave: Meliponicultura, abelha jandaíra, semiárido.

**Population Structure of *Melipona subnitida* (Apidae, Meliponini) at the
Southern Limit of its Distribution Based on Geometric
Morphometrics of Forewings**

Abstract: Bees provide fundamental services to humanity, and many researchers have been concerned about the rapid loss of genetic diversity that these organisms have been suffering. The stingless bee *Melipona subnitida* is endemic to northeastern Brazil and has high potential for the production of honey and wax; it is also an important pollinator in the Caatinga biome. Populations of *M. subnitida* have increasingly declined due to predatory extractivism and destruction of its habitat, in both environment wild and managed. However, knowledge about its population structure could give insights on strategies for monitoring and conservation of this species. Here we collected workers from nine sites located at the southern limit of the species distribution and employed geometric morphometric techniques on their forewings in search of covariance between sampling site and wing morphology. It was observed a very significant correlation between both variables, indicating that the divergence among the sampled populations of *M. subnitida* was due to geographical distance among the sampling sites and, hence, suggesting the formation of different groups of populations along the studied geographical zone, each one with specific characteristics. Since *M. subnitida* habitat has been increasingly fragmented thus hindering the genetic flow among populations, our findings will contribute to the formulation of management and conservation plans for this species in order to preserve its genetic diversity and, hence, to contribute to the generation of income for beekeepers in meliponiculture programs.

Keywords: Meliponiculture, jandaira bee, semiarid.

Introdução

As abelhas sem ferrão formam um grupo importante de polinizadores na região Neotropical, desempenhando um papel significativo na manutenção dos ecossistemas e da produção agrícola (Slaa et al., 2006; Heard, 1999). No entanto, o desmatamento e a exploração predatória dos ninhos pelos seres humanos tornaram-se uma grande preocupação para os cientistas, em particular por causa da derrubada de árvores utilizadas como locais de nidificação (Brown & Paxton, 2009; Silva, 2005).

Melipona subnitida Ducke, 1910, conhecida popularmente como Jandaíra, é endêmica do Nordeste do Brasil. Ela ocorre em principalmente os localizados em quatro estado neste País, Bahia, Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba (Martins, 2002; Camargo & Pedro, 2007; WebBee, 2014). Esta espécie é importante para a polinização das culturas agrícolas e plantas nativas da Caatinga, que é caracterizada por clima semiárido e vegetação xerófila (Andrade-Lima, 1981), bem como para a produção de mel e cera (Cortopassi-Laurino & Imperatriz-Fonseca, 2001; Bruening, 2001; Lopes et al., 2007).

Considerando a limitação de locais de nidificação, troncos ocos especialmente árvores de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillett e *Poincianella pyramidalis* Tul. L. P. Queiroz (Martins et al., 2004), bem como a importância econômica, social e ecológica de *M. subnitida* no Nordeste do Brasil (Moure et al., 2007), estudos são realizadas para localizar populações naturais desta espécie. Estes estudos são importantes para entender a história de vida dessas populações e promover a sua conservação (Câmara et al., 2004; Bonatti et al., 2014).

O emprego de morfometria geométrica na identificação e avaliação da diversidade da população tem-se mostrado eficaz (Breuker et al., 2006; Francoy & Imperatriz-Fonseca, 2010; Wappler et al., 2012). Morfometria geométrica permite detectar relações entre populações de animais e suas localizações geográficas através de uma análise rigorosa das variações na forma de uma estrutura modelo.

A aplicação mais comum da morfometria geométrica é a identificação de configurações de referência em vários caracteres morfológicos (Klingenberg, 2002). Coordenadas cartesianas fornecem as posições relativas de cada ponto, e, por conseguinte, tornam possível a reconstrução e da identificação das variações

de formas (Rohlf & Marcus, 1993; Rohlf, 1998). Este método é muito sensível e, portanto, sendo adequado para a detecção de grupos e subgrupos (Francoy et al., 2011).

Estudos sobre a estrutura populacional e variação geográfica das abelhas são realizadas com base em dados morfométricos comparando raças ou populações (Garay & Dias, 2001; Lima Júnior et al., 2012; Nunes et al., 2013). Essas análises são geralmente baseados em caracteres da asa, devido à sua alta herdabilidade e porque eles não sofrerem alterações ambientais (Diniz-Filho & Bini, 1994). Uma possível desvantagem desta técnica é que as estruturas biológicas que serão estudados precisam necessariamente estarem completamente intacta. No entanto, essa desvantagem não é considerada um fator crítico (Lyra et al., 2010).

Embora as pesquisas sobre a população de abelhas tenham sido iniciadas há muito tempo, os estudos sobre a estrutura da população de abelhas sem ferrão ainda são escassos, especialmente de populações localizadas nos limites de distribuição das espécies. O objetivo deste estudo foi determinar a diversidade da população de *M. subnitida* de nove locais diferentes, localizadas no limite Sul de sua distribuição com base na morfometria geométrica de asas anteriores.

Material e métodos

Um total de 630 operárias provenientes de 63 colônias de *M. subnitida* distribuídas em 19 meliponários entre nove localidades do Nordeste do Brasil com diferentes distâncias geográficas (Tabela 1) consideradas limite Sul de distribuição natural dessa espécie foram coletadas entre agosto e dezembro de 2012 e julho de 2013 (Tabela 2, Figura 1).

Tabela 1. Distância em linha reta em quilômetros (km) entre os pares de cidades onde foram coletados amostras de *Melipona subnitida*.

	Distancia Geográfica (Km)							
	CU	EX	JO	MT	PA	RA	SJ	TN
AB	265	305	73	3	264	257	78	295
CU		336	262	262	13	8	339	30
EX			306	306	458	458	306	490
JO				75	336	330	16	368
MT					263	255	79	293
PA						14	339	34
RA							339	34
SJ								38
TN								

Legenda: AB: Água Branca (AL); CU: Cumarú (PE); EX: Exu (PE); JO: Joá (BA); MT: Mata Grande (AL); PA: Passira (PE); RA: Riacho das Almas (PE); SJ: São José (BA); TN: Taquaritinga do Norte (PE).

Tabela 2. Origem e localização geográfica das amostras de *Melipona subnitida* residente no limite Sul da área de sua distribuição natural.

Localidade/Estado	N	Nº de Meliponário	Coordenadas Geográficas	Altitude (m)	Clima/Relevo
Água Banca (AL)	9	3	9°10'24,7"/37°51'41,9"	380	Semiárido/Maçiços
Cumarú (PE)	6	6	8°1'58,5"/35°45'3,11"	348	Semiárido/ Maçiços
Exu (PE)	3	1	7°20'22,6"/39°54'58,5"	887	Semiárido/Colinas baixas
Joá (BA)	6	3	9°31'08,8"/38°25'36,7"	243	Semiárido/Montanhas baixas
Mata Grande (AL)	12	1	9°11'09,3"/37°50'09,8"	424	Semiárido/Sequeiro
Passira (PE)	5	1	7°55'37,8"/35°30'14,0"	160	Semiárido/Maçiços
Riacho das Almas (PE)	6	2	8°3'40,7"/35°49'9,62"	413	Semiárido /Montanhas alta
São José (BA)	8	1	9°39'04,8"/38°22'43,2"	243	Semiárido/Colinas baixas
Taquaritinga do Norte (PE)	8	1	7°56'14,1"/36°7'05,7"	785	Tropical / maçiços

Legenda: N: número de amostras coletadas por localidade visitada; AL: Alagoas; BA: Bahia; PE: Pernambuco

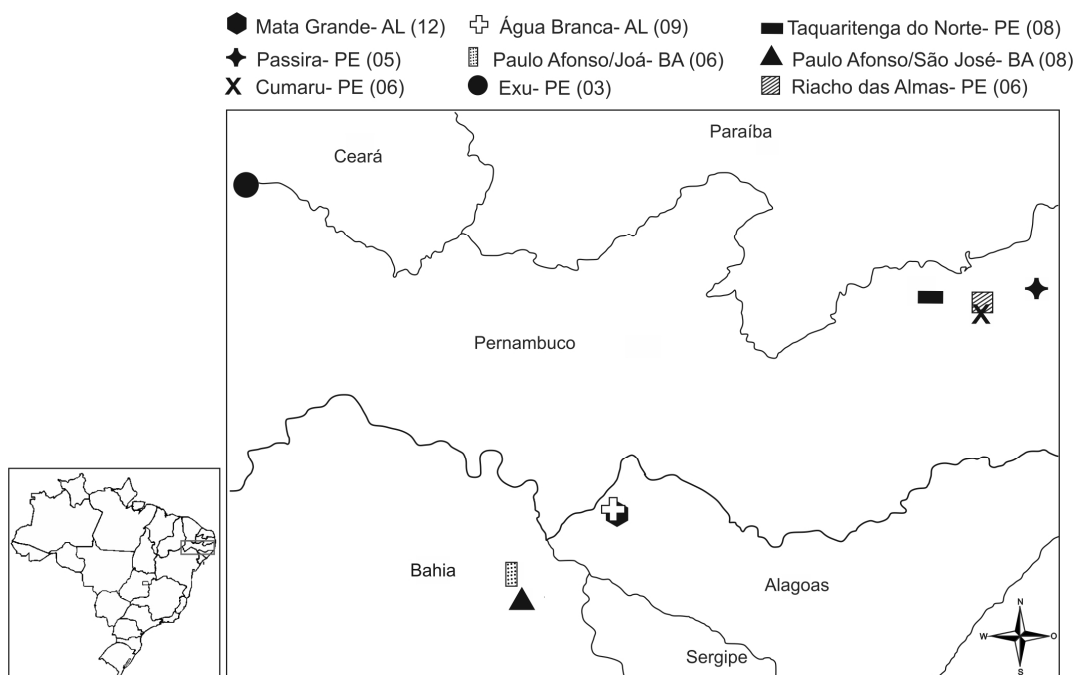


Figura 1. Origem e localização geográfica das amostras de *Melipona subnitida*. () : número de colônias coletadas por localidade.

As asas anteriores foram retiradas e dispostas entre lâminas para microscopia e fotografadas com câmera digital acoplada a um estereomicroscópio para as análises dos padrões de venação. As fotografias foram transformadas no software tpsUtil versão 1,40 (Rohlf, 2008a), dez marcos anatômicos (Figura 2) foram inseridos na junção das nervuras de cada asa a partir do tpsDig versão 2,17 (Rohlf, 2008b).

Os dados obtidos foram usados como variáveis para análises multivariadas, como Análise de Componente Principal (PCA), a Análise de Variáveis Canônicas, Distância de D^2 de Mahalanobis e de distância de Procrustes, essas análises foram realizadas no MorphoJ versão 1.03 (Klingenberg, 2011). Além disso, foram realizadas as análises de agrupamento, pelo método UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*) e o teste de Mantel utilizando distância geográfica em linha reta, tamanho e forma das asas das abelhas, utilizando o Software Past 2.17.

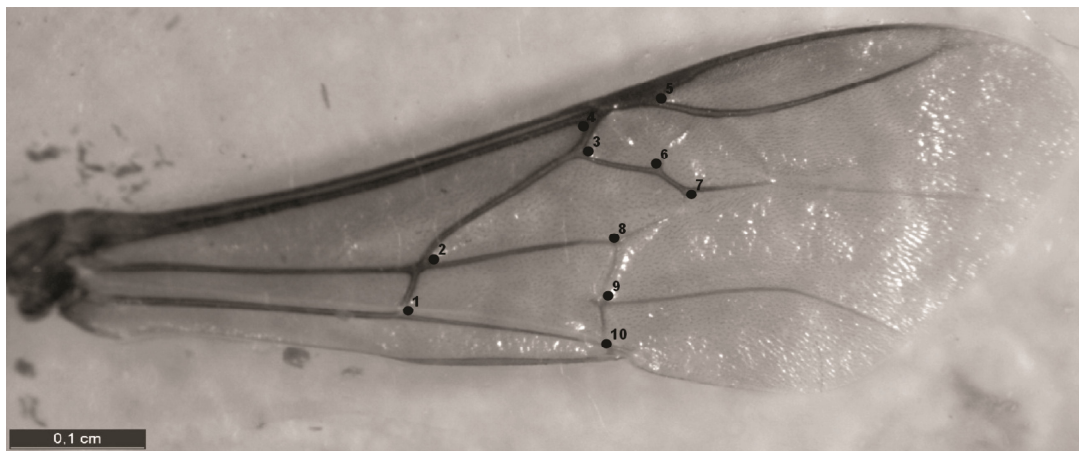


Figura 2. Asa anterior direita de *Melipona subnitida* mostrando os 10 marcos anatômicos localizados na junção das veias das asas, que foram utilizadas na análise morfométrica.

Resultados

Na PCA (Análise de Componente Principal) aplicada às populações de *M. subnitida*, os quatro primeiros componentes principais explicou 62,96% da variação total entre os indivíduos de diferentes comunidades: PC1= 20,61%, PC2= 16,26%, PC3= 14,20% e PC4= 11,88% (Figura 3).

Com base nas distâncias de Mahalanobis e Procrustes (Tabela 3), foi possível observar que a maior diferença ocorreu entre as populações dos municípios de Exu (PE) e Água Branca (AL), ao passo que a maior proximidade morfológica ocorreram entre as populações Água Branca e Mata Grande, ambas no estado de Alagoas, com um valor de dissimilaridade de 1,33.

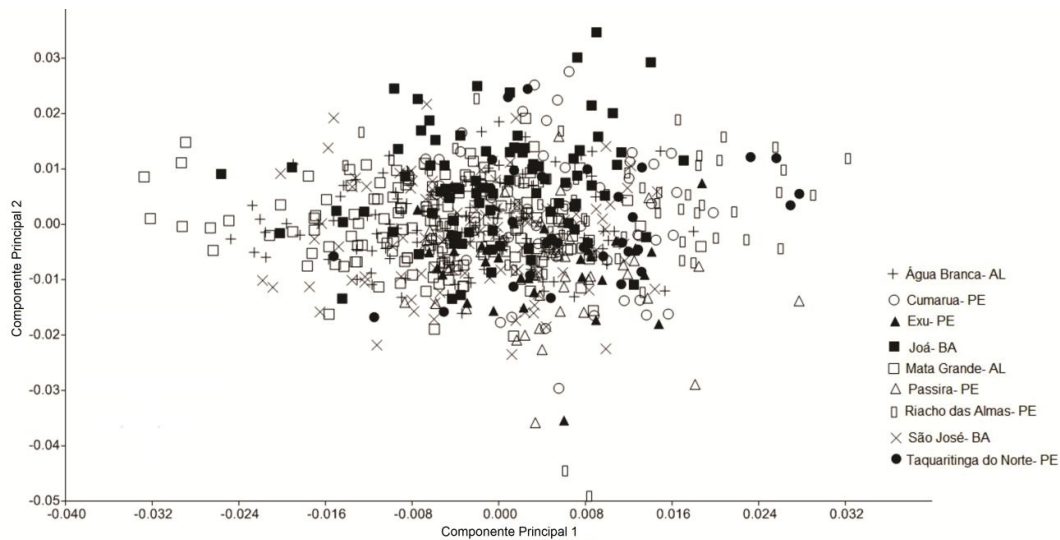


Figura 3. Dispersão gráfica das nove populações de *Melipona subnitida* em relação a eixos cartesianos estabelecidos por componentes principais (ACP1, ACP2) obtidas a partir da forma da asa.

Tabela 3. As distâncias de Mahalanobis (metade inferior da matriz) e distância de Procrustes (metade superior da matriz) entre as populações de *Melipona subnitida*, calculados a partir da análise de variável canônica.

	AB	CU	EX	JO	MT	PA	RA	SJ	TN
AB		0,017	0,020	0,015	0,008	0,019	0,017	0,015	0,014
CU	2,93		0,015	0,012	0,014	0,015	0,010	0,013	0,016
EX	3,68	2,54		0,019	0,017	0,014	0,017	0,014	0,015
JO	2,96	1,78	3,08		0,012	0,019	0,013	0,011	0,016
MT	1,33	2,32	3,27	2,37		0,017	0,018	0,010	0,017
PA	3,37	2,17	2,84	2,52	2,77		0,017	0,012	0,017
RA	3,21	1,68	2,85	2,11	3,10	2,66		0,015	0,013
SJ	2,87	1,94	2,63	1,83	2,13	1,71	2,31		0,016
TN	2,47	2,65	2,48	2,87	2,72	3,10	2,41	2,70	

Legenda: AB: Água Branca (AL); CU: Cumarua (PE); EX: Exu (PE); JO: Joá (BA); MT: Mata Grande (AL); PA: Passira (PE); RA: Riacho das Almas (PE); SJ: São José (BA); TN: Taquaritinga do Norte (PE).

Baseado em um dendrograma (UPGMA; Figura 4), observou-se diferenças morfológicas entre as populações dos municípios de Exu (PE), Passira (PE) e Taquaritinga do Norte (PE), que foram agrupadas em um ramo mais isolado, destacando-se a partir de populações de outras regiões, com um CC- Coeficiente

de Correlação ($P < 0,0001$), o que mostra que a diferença entre a população é altamente significativa.

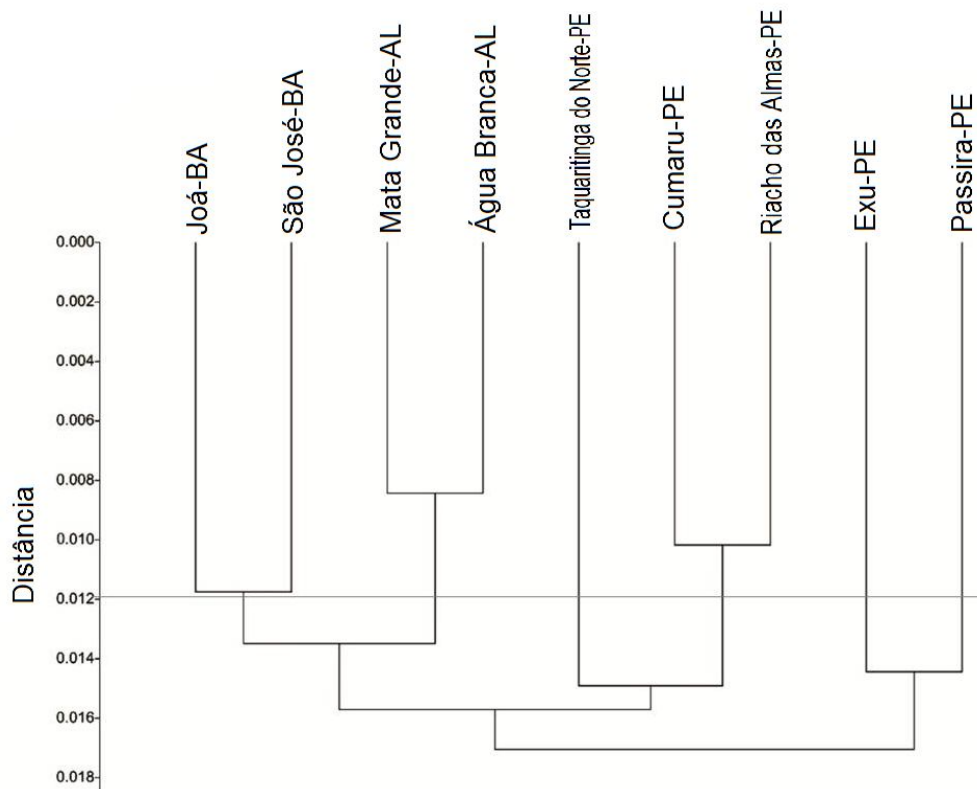


Figura 3. Dendrograma gerado pelo UPGMA com as distâncias morfométricas a partir de médias entre colônias de *Melipona subnitida* de diferentes localidades, CC 72%.

A correlação entre a forma, tamanho, altitude e distância geográfica entre as 63 colônias de *M. subnitida* em comparação com um teste de Mantel (Tabela 4) indicaram uma correlação positiva entre a forma da asa e distância geográfica entre todas as populações ($P < 0,01$). As demais correlações apresentaram valores (P) elevados, que aponta para nenhuma relação entre as variáveis.

Tabela 4. Teste de Mantel usado para comparar matrizes de forma, tamanho, altitude, e distância geográfica, com base em medições de asa de *Melipona subnitida* com 5000 permutações.

COMPARAÇÃO DE MATRIZES	R ²	P
Forma x Altitude	0,009	0,473 ^{NS}
Forma x Distância Geográfica	0,506	0,008*
Tamanho x Forma	0,282	0,972 ^{NS}
Tamanho x Altitude	0,072	0,537 ^{NS}
Tamanho x Distância Geográfica	0,045	0,512 ^{NS}

Legenda: NS não significativo; * significativo.

Discussão

A morfometria geométrica das asas anteriores foi muito eficiente na detecção de variabilidade entre as populações e, por isso, desvendar a estrutura populacional de *M. subnitida*. Os resultados da análise morfométrica apontaram variabilidade morfológica em forma de asa entre as populações ao longo de sua distribuição geográfica. Esta variação foi associada com a distância geográfica entre os locais de coleta e também está provavelmente relacionada com a variabilidade ambiental entre os locais de amostragem. Neste contexto, Bonatti et al. (2014) verificaram que quanto maior a distância geográfica maior a divergência morfológicas entre populações de *M. subnitida*. A divergência morfológica encontrada entre as populações dos municípios de Exu (PE) e Água Branca (AL) podem ser explicada por uma interação entre distância geográfica (305 km em linha reta) e diferenças climáticas e de relevo entre as regiões. Por um lado, Exu (PE) é caracterizada por um clima semi-árido: quente no verão e frio no inverno; ele está localizado entre maciços e montanhas baixas (300-800 m de altura); por outro lado, a região de Água Branca (AL) é caracterizada por um clima semi-árido tropical com chuvas de verão, e está localizado entre o maciços e faixas altas (650-100 m de altura) (CPRM, 2014). As populações que apresentaram menor divergencia foram os de Água Branca e Mata Grande, ambas localizadas no Estado de Alagoas. Estas áreas estão geograficamente próximos uns dos outros (3 km) e apresentam semelhanças de clima, vegetação e relevo.

Na análise de agrupamento a formação de grupos refletiu diferenças morfológicas entre as populações e, em geral, encontramos uma correlação entre

a morfologia da asa anterior e a distância geográfica. No entanto, as populações de Exu e Passira, que são mais de 300 quilômetros de distância, curiosamente formaram grupo, indicando semelhança morfológica entre essas duas populações. Essas semelhanças podem ser resultado das condições ambientais similares encontradas em Exu e Passira, que apesar da distância, apresentam vegetação e clima parecidos (CRPM, 2014). Lima-Junior et al. (2012) observaram a formação de grupos entre colônias provenientes de áreas mais isoladas, revelando a similaridade da forma de asas entre colônias.

Resultados semelhantes já foram encontrado ao estudar a diversidade da população em *M. quadrifasciata anthidioides* de diferentes regiões do Estado da Bahia (Nunes et al., 2008), observando-se que as populações localizadas longe uma das outras mostraram divergência morfológica. Mendes et al. (2007) observaram diferenças morfológicas entre os grupos *Nannotrigona testaceicornis* das áreas urbana e rural do município de Uberlândia, estado de Minas Gerais, no sudeste do Estado do Brasil. Os autores associaram essas diferenças com pressões seletivas na área urbana e uma maior probabilidade de variabilidade genética na área rural.

Como a distância de enxameação dos meliponíneos é curta (Kerr et al. 1996), a distância geográfica entre esses ambientes pode ser considerada como fator que impede a troca de material genético entre as colônias, pois não se tem referência de ter havido manuseio ou transporte das colônias de uma área para outra.

Melipona subnitida é restritamente distribuída e encontra-se atualmente em ambientes fragmentados e geograficamente isoladas (Zanella et al., 2003; Bonatti et al., 2014). A forte relação entre distância geográfica e variabilidade morfológica encontrada neste estudo indica uma falta de fluxo gênico entre as populações que estão localizadas longe uma da outra ou mesmo entre aqueles que seriam capazes de atravessar se em condições ambientais favoráveis.

Gonçalves (2010) estudando a variabilidade *Frieseomelitta varia* por análise molecular e morfometria geométrica de asas sugeriu que a diversidade genética encontrada na pequena população em estudo é decorrente do fluxo gênico via machos, que têm maior capacidade de vôo e assim podem ter origem de regiões mais distantes e terem fecundado as rainhas da população isolada introduzindo novos alelos naquela população. Esses estudos em conjunto

destacam a importância da caracterização da estrutura populacional das abelhas sem ferrão, especialmente das espécies pouco estudadas que habitam o Nordeste do Brasil, porque ajudam a identificar populações diferenciadas, que necessitam de intervenção humana, como forma de diminuir os índices de endogamia.

Conclusão

Houve diversidade morfológica entre as populações de *M. subnitida* provenientes dos nove locais diferentes, localizados no limite Sul de distribuição natural dessa espécie, com uma correlação entre o local de amostragem e forma da asa indicando que a divergência entre as populações amostradas é devido à distância geográfica entre os locais de amostragem e diferenças entre clima e relevo.

Referências

- Andrade-Lima, D. (1981). The caatingas dominium. *Revista Brasileira de Botânica*, 4: 149-153.
- Bonatti, V., Simões, Z.L.P., Franco, F.F. & Franco, T.M. (2014). Evidence of at least two evolutionary lineages in *Melipona subnitida* (Apidae, Meliponini) suggested by mtDNA variability and geometric morphometrics of forewings. *Naturwissenschaften* 101(1), 17-24. doi:10.1007/s00114-013-1123-5.
- Breuker, C.J., Patterson, J.S. & Klingenberg, C.P. (2006). A single basis for developmental buffering of *Drosophila* wing shape. *Plos ONE* 1(7). doi:10.1371/journal.pone.0000007.
- Brown M.J.F. & Paxton, R.J. (2009). The conservation of bees: a global perspective. *Apidologie* 40:410-416. doi:10.1051/apido/2009019.
- Bruening, H. (2001). *Abelha jandaira*. Coleção Mossoroense, serie C, 1189.
- Câmara, J.Q., Sousa, A.H., Vasconcelos, W.E., Freitas, R.S., Maia, P.H.S., Almeida, J.C. & Maracajá, P.B. (2004). Estudos de meliponíneos, com ênfase a *Melipona subnitida* DUCKE no município de Jandaíra, RN. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 4: 1-20. Retrieved from: <http://www.abelhanativa.com.br/artigos/meliponideosmjandaira.pdf>.

- Camargo, J.M.F. & Pedro, S.R.M. (2007). Meliponini Lepeletier, 1836. In Moure, J. S., Urban, D. & Melo, G.A.R. (Orgs). Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region - online version. Available at <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>. (accessed date: 12 March, 2014).
- Cortopassi-Laurino, M. & Imperatriz-Fonseca V.L. (2001). La cria de abejas sin aguijon mas comunes em el Nordeste Brasileiro. In: II Seminario Mexicano Sobre Abejas Sin Aguijón - Una visión sobre su biología y cultivo (pp. 40-43). Mérida, Espanha.
- CPRM Site: <http://www.cprm.gov.br/> (accessed date: 25 february, 2014).
- Diniz-Filho, J.A.F. & Bini, L.M. (1994). Space-free correlation between morphometric and climatic data: a multivariate analysis of Africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) in 52 Brazil. *Global Ecology and Biogeography Letters*, (Oxford) 4: 195-202. Retrieved from: www.citeulike.org/user/Flit/article/728680.
- Francoy ,T.M. & V.L. Imperatriz-Fonseca (2010). A morfometria geométrica de asas e a identificação automática de espécies de abelhas. *Oecologia Australis* 14: 317- 321.
- Francoy, T.M., Grassi, M.L., Imperatriz-Fonseca, V.L., May-Itza, W.J. & Quezada-Euan, J.J. (2011). Geometric mophometrics of the wing as a tool for assgning genetic lineages and geographic origin to *Melipona beecheii* (Hymenoptera: Meliponini). *Apidologie* 42: 499-507. doi: 10.1007/s13592-011-0013-0.
- Garay, I.E.G. & Dias, B.F.S. (2001). Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais: avanços conceituais e revisão de novas metodologias e monitoramento. Petrópolis: Editora Vozes, 430 p.
- Gonçalves, P.H.P. (2010). Análise da variabilidade de uma pequena população de *Frieseomelitta varia* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini), por meio de análise do DNA mitocondrial, microdatélites e morfometria geométrica das asas. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo–SP. 140 p.
- Heard, T.A. (1999). The role of stingless bees in crop plantation. *Annual Review of Entomology*, 44: 183-206.
- Kerr, W.E., G.A. Carvalho & V.A. Nascimento. (1996). Abelha Uruçu: Biologia, Manejo e Conservação. Belo Horizonte- MG, Ancagáú. 143p.

- Klingenberg, C.P. (2002). Morphometrics and the role of the phenotype in studies of the evolution of developmental mechanisms. *Gene*, 287: 3-10. PII:S0378-1119(01)00867-8.
- Klingenberg, C.P. (2011). MorphoJ: In integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources* 11: 353–357.
- Lima Junior, C.A., Carvalho, C.A.L., Nunes, L.A. & Francoy, T.M. (2012). Population divergence of *Melipona scutellaris* Latreille (Hymenoptera: Meliponina) in two Restricted Areas in Bahia, Brazil. *Sociobiology* 59: 107-122.
- Lopes, M.T. do R., Silva, J.O., Pereira, F. de M., Camargo, R.C.R. de, Vieira-Neto, J.M. & Ribeiro, V.Q. (2007). Atividade de Vôo de Abelhas Jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke, 1910) Instaladas em dois modelos de colméia, (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/ INFOTECA-E), 20p.
- Lyra, M.L.; Hatadani, L.M., De Azeredo-Espin, A.M.L & Klaczko L.B. (2010). Wing morphometry as a tool for correct identification of primary and secondary New World screwworm fly. *Bulletin of Entomological Research* 100: 19-26. doi: 10.1017/S0007485309006762
- Martins, C.F., Cortopassi-Laurino, M., Koedam, D. & Imperatriz-Fonseca, V.L. (2004). Espécies arbóreas utilizadas para nidificação por abelhas sem ferrão na Caatinga. *Biota Neotropica* 4(2). doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032004000200003>.
- Martins C.F. (2002). Diversity of the Bee Fauna of the Brazilian Caatinga. IN: Kevan P & Imperatriz Fonseca VL (eds) - Pollinating Bees - The Conservation Link Between Agriculture and Nature - Ministry of Environment / Brasília, 131-134.
- Mendes, M.F.M., Francoy, T.M., Nunes-Silva, P., Menezes, C. & Imperatriz-Fonseca, V. L. (2007). Intra-populational variability of *Nannotrigona testaceicornis* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera, Meliponini) using relative warp analysis. *Bioscience Journal*, 23: 147-152. Retrieved from: http://mel.cpatu.embrapa.br/publicacoes-cristiano-menezes/publicacoes-cristiano-menezes/Mendes_et_al_2007.pdf.
- Moure J. S.; Urban, D.; Melo, G. A. R. (2007). Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical region. Curitiba, Sociedade Brasileira de Entomologia, 1058p.

- Nunes, L.A., Araujo, E.D., Carvalho, C.A.L. & Waldschmidt, A.M. (2008). Population divergence of *Melipona quadrifasciata anthidioides* (Hymenoptera: Apidae) endemic to the semi-arid region of State of Bahia, Brazil. *Sociobiology* 52: 81-93.
- Nunes, L.A., Passos, G.B., Carvalho, C.A.L. & Araújo, E.D. (2013). Spatial variation of size and shape of the wing in *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera; Meliponini) assessed by geometric morphometrics. *Brazilian Journal of Biology* 73(4). doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842013000400027>.
- Rohlf, F.J.; Marcus, L.F. (1993). A revolution in morphometrics. *Trends in Ecology and Evolution*, 8: 129-132.
- Rohlf, F.J. (1998). On applications of geometric morphometrics to studies of ontogeny and phylogeny. *Systematic Biology*, 47: 147–158.
- Rohlf, F.J. (2008a). tpsUtil. Department of Ecology and Evolution. State University of New York.
- Rohlf, F.J. (2008b). tpsDig. Department of Ecology and Evolution. State University of New York.
- Silva, J.F., Fariñas, M.R., Felfili, J.M. & Klink, C.A. (2006). Spatial heterogeneity, land use and conservation in the Cerrado region of Brazil. *J Biogeogr* 33: 536–548. doi: 10.1111/j.1365-2699.2005.01422.x.
- Silva, J. C., Messagell, D., Cruz, C. D., Silva, M. V. G. B. da. (2005). Aplicação de Análises Multivariadas para Determinação de Casta de Abelhas *Apis mellifera* L. (Africanizadas), obtidas em laboratório. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 34 (2): 567-572.
- Slaa, E.J., Chaves, L.A.S., Malagodi-Braga, K.S., Hofstede, F.E. (2006). Stingless bees in applied pollination: pratic and perspectives. *Apidologie*, 37: 293-315. doi: 10.1051/apido:2006022.
- Wappler, T., Meulemeester, T. de., Aytakin, A.M., Michez, D. & Engel, M.S. (2012). Geometric morphometric analysis of a new Miocene bumble bee from the Randeck Maar of southwestern Germany (Hymenoptera: Apidae). *Systematic Entomology* 37: 784–792. doi: 10.1111/j.1365-3113.2012.00642.x.
- Webbee. 2014. Disponível em: <http://www.webbee.org.br/jandaira/mapa.htm>. acessado em 05 de março de 2014.

Zanella, F.C.V. (2000). The bees of the Caatinga (Hymenoptera, Apoidea, Apiformes): a species list and comparative notes regarding their distribution. *Apidologie* 31: 579-592. doi: 10.1051/apido:2000148.

CAPÍTULO 2

Diferenças Morfométricas e Assimetria Flutuante em *Melipona subnitida* Ducke (Hymenoptera: Apidae) em Diferentes Tipos de Habitação¹

¹Manuscrito a ser ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Anais da Academia Brasileira de Ciências.

**Diferenças Morfométricas e Assimetria Flutuante em *Melipona subnitida*
Ducke (Hymenoptera: Apidae) em Diferentes Tipos de Habitação**

Resumo: A variação da forma, do tamanho e a presença de assimetria flutuante entre as asas anteriores de abelhas jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke, 1910) de colônias criadas em caixas racionais e em cortiços foram avaliadas, sendo verificada a presença de assimetria flutuante (AF) com valores significativos para forma e tamanho das asas, independente do local de nidificação dessas abelhas, cortiço ou caixa racional, indicando a presença de estresse durante a ontogenia desses indivíduos. Foi possível observar diferença significativa ($p < 0.01$) na AF para cada caixa separadamente. Esse resultado pode estar relacionado aos vários modelos de caixas racionais utilizados para a criação de abelhas sem ferrão. Além disso, as Análises de Componentes Principais mostraram que abelhas criadas em caixa racional ou cortiço possuem variação morfométrica entre si, esse resultado pode ser relacionado à origem dos dois tipos de ninhos e ao processo de multiplicação de colônias, a partir de caixas racionais. É possível concluir que são necessárias medidas para aperfeiçoamento do manejo que diminuam o estresse causado nas populações de abelhas, bem como o uso de caixas racionais de modelos padrão que causem o mínimo de perturbação.

Palavras-chave: Meliponicultura, morfometria geométrica, forma, asa e manejo

Morphometric differences and fluctuating asymmetry in *Melipona subnitida* Duce (Hymenoptera: Apidae) in different types of housing

Abstract: A geometric morphometrics approach was applied to evaluate differences in forewing patterns of the Jandaira bee (*Melipona subnitida* Duce, 1910). For this, we studied the presence of fluctuating asymmetry (FA) in forewing shape and size of colonies kept in either rational hive boxes or natural tree trunks. We detected significant FA for wing size as well as wing shape independent of the type of housing (rational box or tree trunks), indicating the overall presence of stress during the development of the studied specimens. FA was also significant ($p < 0.01$) between rational boxes, possibly related to the use of various models of rational boxes used for keeping stingless bees. In addition, a Principal Component Analysis indicated morphometric variation between bee colonies kept in either rational hive boxes or in tree trunks, that may be related to the different origins of the bees: tree trunk colonies were relocated natural colonies while rational box colonies originated from multiplying other colonies. We conclude that adequate measures should be taken to reduce the amount of stress during bee handling by using standard models of rational boxes that cause the least disruption.

Key words: Beekeeping, geometric morphometrics, shape, wing, bee handling

Introdução

Melipona subnitida Ducke, 1910, tem sua área de ocorrência natural na região da Caatinga do Nordeste brasileiro. Ela tem sido amplamente criada racionalmente devido à facilidade de manejo e alta produção de mel e outros produtos (Bruening, 2001; Cortopassi-Laurino & Imperatriz-Fonseca, 2001; Lopes et al., 2007; Camargo & Pedro, 2013).

A criação racional de abelhas nativas sem ferrão é denominada meliponicultura, e pode ter como finalidades o lazer, a exploração dos produtos da colméia como fonte de renda, entre outras. Além disso, essa prática tem contribuído para a preservação de espécies (Villas-Bôas, 2012).

Tradicionalmente as abelhas são mantidas e criadas em cortiços, que são troncos onde as colônias estavam nidificadas naturalmente (Nogueira- Neto, 1997; Buchmann, 2006). O procedimento de captura até a coleta dos produtos da colônia é considerado agressivo e as abelhas dessas colônias passam por várias perturbações no ninho, com danos às estruturas, como o deslocamento de potes de alimentos, perda de larvas, e até mesmo a eventual morte da rainha, causando o estresse nas abelhas (Alves et al., 2005).

Estas também são criadas em caixas racionais confeccionadas em madeira, com tamanhos específicos para cada espécie (Nogueira-Neto, 1997; Buchmann, 2006). Em criação utilizando caixas racionais, um dos fatores que podem influenciar no seu desenvolvimento, é a utilização de material não ajustado para a criação. No entanto, com a preocupação em fornecer um manejo eficiente, os meliponicultores buscam adequar as caixas utilizando as características de cada espécie de abelhas e, para isso, são utilizadas informações sobre a arquitetura do ninho e biologia da abelha (Souza et al., 2009).

São vários os modelos de caixas racionais destinadas à criação de abelhas-sem-ferrão. No entanto, o modelo mais indicado para a criação e multiplicação de abelhas do gênero *Melipona* é o modelo criado no Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia- INPA. Trata-se de uma caixa vertical, que proporciona menor intervenção do meliponicultor durante o manejo, facilitando-o e possibilitando a recuperação da colônia, no chamado “Método de Perturbação Mínima” (Oliveira & Kerr, 2000).

Contudo, mesmo com a utilização de manejo adequado, as abelhas recebem uma carga de estresse durante a sua adaptação após a transferência dos cortiços para as caixas racionais. O processo de traslado de cortiço para caixa racional é agressivo e pode causar prejuízos às colônias durante a abertura do tronco, havendo a quebra de potes e em algumas vezes esmagamento de crias e abelhas operárias (Nogueira- Neto, 1997).

O processo de coleta de mel também pode causar estresse às abelhas. Ao abrir a caixa para o procedimento, o excesso de umidade pode causar interferência no desenvolvimento de crias, interferir no equilíbrio de autorregulação de temperatura da colônia e contribuir para um ambiente propício para fungos causando danos (Nogueira-Neto, 1997).

O estresse gerado nas populações pode causar ruídos durante o desenvolvimento ontogenético dos indivíduos que por sua vez, pode ocasionar assimetrias nos mesmos. A assimetria flutuante (AF) é caracterizada pela distribuição normal da diferença entre os lados direito e esquerdo nos indivíduos. Ela é considerada um indicador da instabilidade provocada por condições estressantes ocorridas durante o desenvolvimento dos organismos (Clarke, 1998). Portanto essa medida é a melhor forma de analisar a estabilidade e a plasticidade dos indivíduos durante seu desenvolvimento, uma vez que a presença de diferenças entre os lados direito e esquerdo é um parâmetro amplamente usado para medir esta instabilidade (Graham et al., 2010).

Esta técnica tem pouca influencia da determinação genética e a maior parte da sua avaliação é devido às características ambientais que afetam na ontogenia dos indivíduos (Leamy & Klingenberg, 2005). Além disso, a medida da AF reflete o estado de adaptação de uma população, o que a torna uma ferramenta importante para os estudos da biologia de populações (Graham et al., 2010).

As perturbações de natureza genética ou ambiental que os organismos podem enfrentar durante o desenvolvimento embrionário, devem ser superadas para que eles possam expressar o fenótipo pré-determinado para a espécie. Estas perturbações podem ser avaliadas por essa técnica de AF. A homeostasia no desenvolvimento é o resultado da ação conjunta dos genes selecionados para interagir harmonicamente, produzindo um padrão no desenvolvimento (Del Lama et al., 2002). Como as alterações causadas pelo homem, tais como o

desmatamento e a poluição, são rápidas e intensas, há uma crescente preocupação em relação às conseqüências ecológicas e evolutivas das atividades antrópicas sobre as populações naturais (Polak et al., 2002).

Tendo em vista a necessidade de maiores informações sobre o efeito do estresse em colônias de abelhas-sem-ferrão, o presente trabalho teve como objetivo verificar a variação de forma, do tamanho e a presença ou ausência de assimetria flutuante entre indivíduos criados em caixas racionais e cortiços de *M. subnitida*.

Material e Métodos

Área de estudo

A amostragem foi realizada em meliponários dos estados de Alagoas, Bahia e Pernambuco. Foram coletados 634 espécimes provenientes de 61 ninhos, sendo 43 criados em caixas racionais e 18 em cortiços distribuídos em 19 meliponários. Os espécimes foram acondicionados em tubos tipo falcon contendo álcool 70% e armazenados a -20°C.

Aquisição de imagens

Para obtenção de imagens, as asas anteriores direita e esquerda foram retiradas com auxílio de uma pinça e, posteriormente, dispostas entre lâminas para microscopia. Estas foram fotografadas com câmera digital acoplada a um estereomicroscópio para as análises dos padrões de venação.

As imagens capturadas foram transformadas no software tpsUtil versão 1.40 (Rohlf, 2008a). A seguir, dez marcos anatômicos (Figura 1) foram inseridos na junção das nervuras de cada asa a partir do tpsDig versão 2,17 (Rohlf, 2008b). As asas esquerdas foram espelhadas para assumirem a mesma posição das asas direitas e facilitar a mensuração dos marcos anatômico. Para cada asa foram feitas duas medições a fim de verificar o erro de medição (Palmer, 1994). Os dados obtidos foram usados como variáveis para as análises estatísticas.

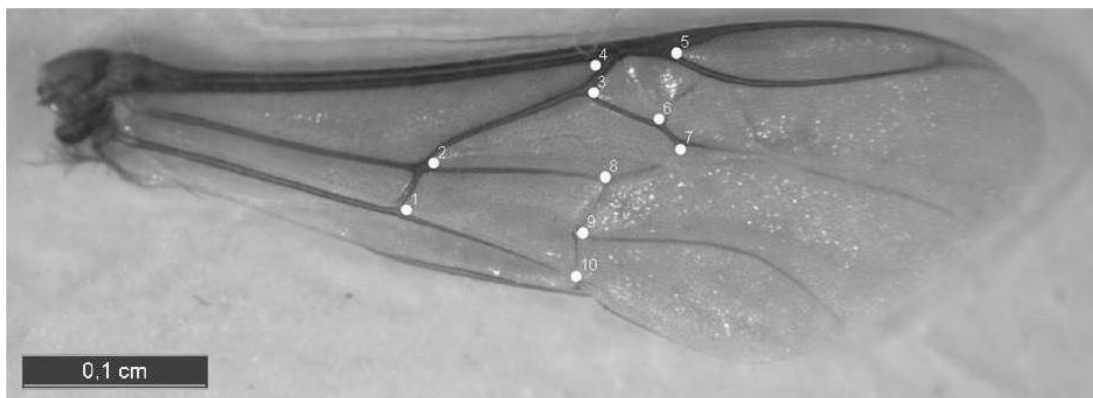


Figura 1. Asa anterior direita de *Melipona subnitida* com 10 pontos anatômicos marcados nas junções de nervuras utilizados na análise morfométrica.

Análise dos dados

Para avaliar a variação de tamanho do centróide e a variação de forma foi realizado o teste ANOVA de Procrustes (Klingenberg & McIntyre, 1998; Palmer & Strobeck, 2003), onde o tamanho do centróide e a forma das asas foram considerados como variáveis independentes, o lado do corpo foi considerado como efeito fixo e os indivíduos, efeitos aleatórios (Klingenberg & McIntyre, 1998). Dessa forma, o efeito do indivíduo consistiu na variação individual da forma e efeito do lado corresponde à assimetria. As análises foram realizadas utilizando o MorphoJ.

O valor do efeito do lado e dos indivíduos foi obtido através do denominador da interação entre o lado X indivíduo obtido através do denominador da medida de erro (Klingenberg & McIntyre, 1998).

A partir dos dados obtidos foi realizada novamente uma ANOVA utilizando-se as coordenadas de Procrustes das asas para avaliar as diferenças e o nível de assimetria em colônias criadas em caixas racionais e em cortiços através do programa estatístico R.

A análise de variação de divergência morfométrica para a avaliação da diversidade entre colônias criadas em caixas racionais e em cortiços foi realizada a partir de matrizes obtidas das coordenadas de marcos anatômicas das medidas das asas anteriores direitas que foram processadas pela sobreposição de Procrustes e posteriormente foram analisadas utilizando métodos de estatística multivariada. Foi gerada uma matriz de covariância para as Análises de

Componentes Principais (ACP) e a MANOVA, que foram realizadas utilizando-se o programa MorphoJ (Klingenberg, 2011).

Resultados e Discussão

Na interação indivíduos X lado o efeito significativo representou a variação individual do tamanho e da forma, demonstrando que as populações criadas em caixas racionais e em cortiços apresentam assimetria flutuante de asas para ambos os ambientes de criação conforme apresentado nas tabelas 1 e 2 ($p < 0.01$).

No efeito ANOVA para a forma das asas, também foi possível verificar a presença de assimetria direcional ($p > 0.001$), contudo não foi significativo ($p < 0.05$) para o tamanho em ambos locais de criação (Tabelas 1 e 2).

Esses resultados sugerem que os níveis de estresse causados por fatores ambientais como variações mínimas de temperatura, incidência solar, escassez de recursos alimentares (Ricklefs, 2009), podem ser as possíveis causas de mudanças na forma e tamanho das asas das abelhas, independente do material utilizado para a criação, uma vez que a forma da asa pode ser mais influenciada pelo ambiente do que o tamanho, onde uma única característica pode ser suficiente para fornecer um bom índice de estresse no desenvolvimento dos indivíduos (Leary & Allendorf, 1989).

Considerando a média anual de temperatura dos locais onde foram coletadas as amostras, onde Água Branca e Mata Brande- AL tem variação média anual entre 21 à 23°C (Barros et al., 2012), Exu-PE localizado na Chapada do Araripe com média anual entre 27° à 29°C, Riacho das Almas, Passira, Cumaru e Taquaritinga do Norte, e localizados na região do Agreste pernambucano apresentam temperatura variando entre 19 à 25°C (Filho et al., 2002), e Joá e São José compreendendo o município de Paulo Afonso- BA com média anual entre 27° à 29°, pode-se observar que existe uma variação de temperatura que pode-se considerar como fator influente na presença de assimetria dos indivíduos estudados.

Tabela 1. Análise de variância do tamanho e forma da asa de colônias de *Melipona subnitida* criadas em caixas racionais.

	Efeito	SS	MS	df	F	P (param.)
Tamanho do Centróide	Individual	156,70	0,36	427	560,72	<0001
	Lado	0,00	0,00	1	0,00	0,99
	Ind*Lado	0,27	0,00	427	9,68	<0001
	Erro	0,05	0,00	856		
	Efeito	SS	MS	df	F	P (param.)
Forma	Individual	0,79	0,00	6832	5,52	<.0001
	Lado	0,00	0,00	16	26.69	<.0001
	Ind*Lado	0.14	0	6832	2.19	<.0001
	Erro	0.13	0	13696		

Tabela 2. Análise de variância do tamanho e forma da asa de colônias de *Melipona subnitida* criadas em cortiço.

	Efeito	SS	MS	df	F	P (param.)
Tamanho do Centróide	Individual	4,50	0,02	198	32,89	<.0001
	Lado	0,00	0,00	1	0,98	0,3229
	Ind*Lado	0.13	0	198	12.01	<.0001
	Erro	0.02	0	398	0.03	1
	Efeito	0.09	0	44		
	Efeito	SS	MS	df	F	P (param.)
Forma	Individual	0.35	0	3168	5.38	<.0001
	Lado	0	0	16	6.15	<.0001
	Ind*Lado	0.06	0	3168	2.3	<.0001
	Erro	0.05	0	6368	0.3	1
	Resíduo	0.02	0	704		

Hoffmann et al. (2005), observou diferença significativa na forma da asa de moscas criadas em ambientes com temperaturas e pesticidas diferentes, onde ambientes com temperaturas mais frias houve maior índice de mudança na forma das asas.

Elevados índices de assimetria flutuante foram observados no comprimento do tarso de *Apis mellifera* coletadas próximas a culturas de algodão tratadas com

aplicação de inseticidas, dessa forma foi considerado que a AF foi refletida pelo estresse causado pela aplicação de inseticidas (Abaga et al., 2011).

Segundo Schneider et al. (2003), na avaliação da influencia entre abelha Européias e Africanizada, a partir da interação entre individuo e lado foi possível observar assimetria flutuante nos indivíduos estudados.

Smith et al. (1997), sugere que a assimetria direcional em abelhas pode estar relacionada com a posição da larva, pré-pupa e pupa na célula de cria. Na criação racional de abelhas-sem-ferrão sabe-se que tanto as abelhas criadas em cortiços, quanto as criadas em caixas racionais sofrem algum tipo de estresse no seu manejo. As colônias em cortiços podem estar sujeitas principalmente a estresses ambientais, como variação de temperatura e escassez de alimento, enquanto as colônias em caixas racionais geralmente são submetidas à estresse causado por atividades humanas como, a frequência de abertura das caixas para oferta de alimento artificial em época de escassez de alimento e a colheita de mel (Kerr et al., 1996). Vários fatores como calor, escassez de alimento, exposição ao sol e chuva, podem ter levado os indivíduos ao estresse, causando assim as variações encontradas nos resultados obtidos.

O estresse causado às abelhas criadas em caixas racionais ou em cortiços podem variar desde o processo de retirada do campo, o transporte para o meliponário, e posteriormente no processo de coleta de mel com a destruição dos potes e algumas vezes morte da rainha, quanto, com a transferência do cortiço para as caixas, ao serem abertas, alimentadas, durante o processo de divisão ou por outras características das caixas e dos meliponários onde estão instaladas.

Apesar da presença de simetria bilateral do corpo, freqüentemente animais também apresentam diferentes tipos de assimetria, isto é, diferenças no tamanho ou posição de alguma parte do corpo entre os dois lados do plano mediano, definido pelos eixos dorso-ventral ou antero-posterior (Pélabon & Hansen, 2008). Segundo Palmer (1996) a assimetria existe em diferentes níveis e todas as estruturas são assimétricas em algum nível de medida. Resultados significativos de AF em outros grupos de insetos também são observados como o de Hoffmann et al. (2005) estudando mudanças em asas de coleópteros através de estresse ambiental observou a existência de assimetria flutuante e direcional para a forma das asas desses insetos submetidos a diferentes resíduos de pesticidas.

Apesar das colônias criadas em caixa racional e cortiço apresentarem assimetria flutuante tanto para forma quanto para tamanho da asa, não foi possível verificar diferenças significativas ($p > 0,05$) comparando ambos os tipos de local de criação, caixa racional e cortiço para essas abelhas (Figura 2 e Tabela 3). No entanto, é possível verificar a presença de diferenças significativas para AF para cada caixa racional separadamente ($p < 0,001$).

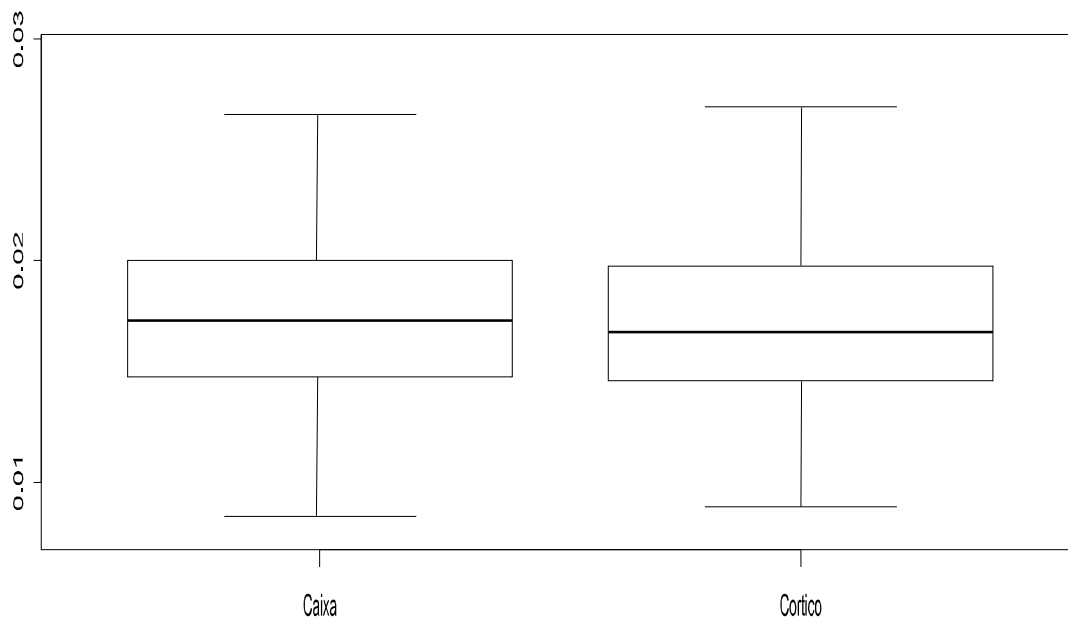


Figura 2. Variação de assimetria flutuante entre as localidades de ocorrência de *Melipona subnitida* residentes no limite Sul da área de distribuição natural.

Tabela 3. Valores de variância e significância da ANOVA da análise de assimetria flutuante comparando os dois tipos de ambiente de criação de *Melipona subnitida*, caixa racional e cortiço.

	GL	SQ	QM	F (valor)	Pr(>F)
Habitat	1	0,00	2,32	1,39	0,23 ^{ns}
Colônias	60	0,00	3,57	2,15	0,00*
Resíduo	565	0,00	1,66		

Legenda: ns: não significativo; * significativo

Uma justificativa plausível para essa variação pode estar relacionada aos vários os modelos de caixas racionais utilizados para a criação de abelhas sem ferrão. Embora o modelo mais indicado para a criação e multiplicação de abelhas

do gênero *Melipona* seja o modelo INPA, por ser considerado o que proporciona menor intervenção do meliponicultor com a recuperação da colônia e facilidade de manejo em um processo conhecido com o “Método de Perturbação Mínima” (Oliveira & Kerr, 2000), a maioria das amostras coletas em caixas racionais não habitavam esse modelo de caixa.

Quanto a Análise de Componente Principal para avaliações da existência de divergência morfométrica entre colônias criadas em caixas racionais e em cortiços, foram necessário quatro componentes para explicar 65.64% da variação total entre as colônias, sendo PC1 (23,84%), PC2 (17,92%), PC3 (14,01%) e PC4 (9,85%). Foi possível observar que, independente da proximidade das colônias, considerando que colônias de caixa racional e cortiço coabitavam o mesmo meliponário, houve variação morfométrica.

A separação dos indivíduos por habitat de origem foi representada graficamente em um espaço bidimensional formado pelos escores dos dois primeiros componentes principais que explicam 23,84% e 17,92% da variação, respectivamente (Figura 3).

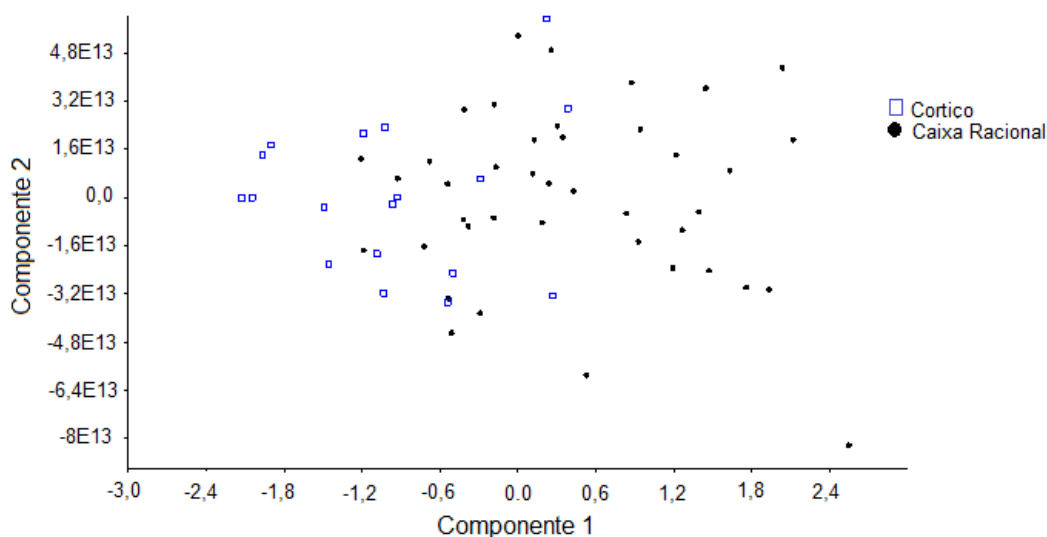


Figura 3. Dispersão da média entre colônias de *Melipona subnitida* criadas em cortiço e caixa racional em relação a eixos cartesianos estabelecidos por componentes principais (ACP1 e ACP2) obtidas a partir da forma da asa.

A divergência morfométrica encontrada entre as colônias pode ser justificada pelas diferenças de manejo entre os tipos distintos de *habitats* das

colônias avaliadas. As colônias encontradas em cortiços são colônias naturais, coletadas no campo e alocadas em meliponários, e por isso podem refletir maior diversidade nas populações na natureza. Por outro lado, as caixas racionais, são resultados de transferência, divisão e multiplicação de colônias. A prática de multiplicar ninhos aumenta o número de colônias em período de tempo mais curto, e é muito usada devido o interesse da criação para a produção e comercialização de produtos produzidos pelas abelhas, mas pode apresentar menor nível de diversidade porque parte de um pequeno número de matrizes (Nogueira-Neto, 1970; Aidar & Campos, 1998; Aidar, 1996).

Divergência morfométrica pode ser observada em diferentes em estudos. Com o objetivo de identificar variação da divergência populacional em operárias de *M. scutellaris* entre duas áreas restritas de Mata Atlântica e Mata Semidecidual foi possível observar variação na morfologia das abelhas entre as duas áreas estudadas (Lima Júnior et al., 2012).

Trabalho similar foi realizado por Bonatti et al. (2014), que compararam diferenças morfológicas entre populações de *M. subnitida*, a partir de medidas obtidas das asas anteriores, e observaram diferenciação entre os grupos estudados, com variação morfológica entre as populações de Barreirinha-MA e Parnaíba-PI.

Conclusões

Este estudo mostrou uma assimetria flutuante significativa de asas da abelha Jandaíra (*Melipona subnitida*);

Assimetria flutuante detectada em asas de abelhas pode ser atribuída à presença de estresse que afeta as colônias;

Detectamos divergência morfométricas entre as colônias mantidas em caixas de colméia racional e troncos de árvores.

Referência

Abaga, N.O.Z., Alibert, P., Dousset, S., Savadogo, P.W., Savadogo, M. & Sedogo, M. (2011). Insecticide residues in cotton soils of Burkina Faso and effects of

- insecticides on fluctuating asymmetry in honey bees (*Apis mellifera* Linnaeus). *Chemosphere*, 83: 585–592. doi:10.1016/j.chemosphere.2010.12.021.
- Aidar, D.S. (1996). Multiplicação e Alimentação Artificial de Colônias de Meliponíneos. In: Anais do XI Congresso Brasileiro de Apicultura, Terezina, PI. 12 p. (in press).
- Aidar, D.S.; Campos, L.A.O. (1998). Manejo e Manipulação Artificial de Colônias de *Melipona quadrifasciata* Lep. (Apidae: Meliponinae). *Annais da Sociedade Entomológica do Brasil* 27:157-159. doi.org/10.1590/S0301-80591998000100021
- Alves, R.M.O., Souza, B.A., Carvalho, C.A.L. & Justina, G.D. (2005). Custo de produção de mel: uma proposta para abelhas africanizadas e meliponíneos (pp. 14). Cruz das Almas: Universidade Federal da Bahia: SEAGRI-BA. (Série Meliponicultura, 2).
- Barros, A.H.C., Filho, J.C. de A., Silva, A.B. de & Santiago, G.A.C.F. (2012). Climatologia do Estado de Alagoas. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892; 211), Recife, pp.32.
- Bonatti, V., Simões, Z.L.P., Franco, F.F. & Francoy, T.M. (2014). Evidence of at least two evolutionary lineages in *Melipona subnitida* (Apidae, Meliponini) suggested by mtDNA variability and geometric morphometrics of forewings. *Naturwissenschaften* 101(1), 17-24. doi:10.1007/s00114-013-1123-5.
- Bruening, H. (2001). Abelha jandaira. Coleção Mossoroense, serie C, 1189.
- Buchmann, S. L. (2006). Threats to *Melipona beecheii* colonies and traditional meliponiculture: Conservation strategies for restoring stingless bees and forests of the Yucatan Peninsula, Quintana Roo, Mexico. In: Encontro sobre abelhas VII., 2006, Ribeirão Preto: Anais... Ribeirão Preto: USP, 2006. 1 CD-ROM.
- Camargo, J.M.F. & Pedro, S.R.M. (2013). Meliponini Lepeletier, 1836. In Moure, J.S., Urban, D. & Melo, G.A.R. (Orgs). *Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region - online version*. Available at <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>. Acessado em 12 de março de 2014.
- Clarke, G.M. (1998). The genetic basic of developmental stability. IV. Individual and population asymmetry parameters. *The Genetical Society of Great Brittain, Heredity*, 80: 553-561. doi:10.1046/j.1365-2540.1998.00326.x.

- Cortopassi-Laurino, M. & Imperatriz-Fonseca V.L. (2001). La cria de abejas sin aguijon mas comunes em el Nordeste Brasileiro. In: II Seminario Mexicano Sobre Abejas Sin Aguijón - Una visión sobre su biología y cultivo (pp. 40-43), Mérida.
- Del Lama, M.A., Gruber, C.V. & Godóy. I.C. (2002). Heterozigosidade e assimetria do número de hâmulos em operárias adultas de *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, São Paulo, 46: 591-595. doi.org/10.1590/S0085-56262002000400014.
- Filho, J.C. de A., Burgos, N., Lopes, O.F., Silva, F.H.B.B., Medeiros, I.A.R., Filho, H.F.R. F. de M., Parahyba, R. da B.V., Cavalcanti, A.C., Neto, M.B. de O., Silva, F.B.R. e, Leite, A.P., Santos, J.C.P. dos, Neto, N.C. de S., Silva, A.B. da, Luz, L.R.Q.P. da, Lima, P.C. de, Reis, R.M.G., Barros, A.H.C. (2002). Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco. (Embrapa Solos, Boletim de Pesquisa; 11). Rio de Janeiro, pp.382.
- Graham J.H., Raz S., Hel-Or H. & Nevo E. (2010). Fluctuating asymmetry: methods, theory, and applications. *Symmetry*, 2: 466–540. doi:10.3390/sym2020466.
- Hoffmann, A.A., Woods, R. E., Collins, E., Wallin, K., White, A. & McKenzie, J. (2005). Wing shape versus asymmetry as an indicator of changing environmental conditions in insects. *Australian Journal of Entomology*, 44:233-243. doi: 10.1111/j.1440-6055.2005.00469.x.
- Kerr, W.E., Carvalho, G.A. & Nascimento, V.A. (1996). *Abelha Uruçu: Biologia, Manejo e Conservação*. Acangaú. (pp.154). Belo Horizonte.
- Klingenberg, C.P. & McIntyre, G.S. (1998). Geometric morphometrics of developmental instability: analyzing patterns of fluctuating asymmetry with Procrustes methods. *Evolution*, Lancaster, 52: 1363-1375.
- Klingenberg, C.P. (2011). Computer Program Note. Morphoj: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources*, 11: 353 – 357.
- Leamy, L.J., Klingenberg, C.P. (2005). The genetics and evolution of fluctuating asymmetry. *Annual Reviews of Ecology, Evolution and Systematics*. Palo Alto, 36:1-21. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.36.102003.152640.

- Leary, R.F. & Allendorf, F.W. (1989). Fluctuating asymmetry as an indicator of stress: Implications for conservation biology. *Trends in Ecology & Evolution*, Amsterdam, 4:214-217. doi.org/10.1016/0169-5347(89)90077-3.
- Lima Junior, C.A., Carvalho, C.A.L, Nunes, L.A. & Franco, T.M. (2012). Population Divergence of *Melipona scutellaris* (Hymenoptera: Meliponina) in Two Restricted Areas in Bahia, Brazil. *Sociobiology* 59:107-122.
- Lopes, M.T. do R., Silva, J.O., Pereira, F. de M., Camargo, R.C.R. de, Vieira-Neto, J.M. & Ribeiro, V. Q. (2007). Atividade de Vôo de Abelhas Jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke, 1910) Instaladas em dois modelos de colmeia, (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/ INFOTECA-E), pp. 20.
- Nogueira-Neto, P. (1970). A criação racional das abelhas indígenas sem ferrão. 2a Ed. Tecnapis, São Paulo, SP, 365p.
- Nogueira-Neto, P. (1997). Vida e criação de abelhas sem ferrão. Ed. Nogueirapis (pp.445). São Paulo- SP.
- Oliveira, F. & Kerr, W.E. (2000). Divisão de uma colônia de Jupará (*Melipona compressipes*) usando-se o método Fernando Oliveira. INPA (pp.7). Manaus - AM.
- Palmer, A.R. (1994). Fluctuating Asymmetry Analyses: A Primer. In: Markow, T.A. (Ed.). *Developmental instability: its origins and evolutionary implications*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 335–364.
- Palmer, A.R. (1996). Waltzing with Asymmetry: Is fluctuating asymmetry a powerful new tool for biologists or just an alluring new dance step? *BioScience*, Califórnia, 46:518-532.
- Palmer, R.A. & Strobeck, C. (2003). Fluctuating asymmetry analyses revisited. In: Polak, M.(Ed.) *Developmental instability (DI): causes and consequences*. Oxford:University Press.. p. 279- 319.
- Pélabon, C. & Hansen, T.F. (2008). On the adaptative accuracy of directional asymmetry in insect wing size. *Evolution*, 62: 2855-2867. doi: 10.1111/j.1558-5646.2008.00495.x.
- Polak, M. R., Opoka, R. & Cartwright, I. L. (2002). Response of fluctuating asymmetry to arsenic toxicity: support for the developmental selection hypothesis. *Environmental Pollution*, 118: 19-28. doi: 10.1016/S0269-7491(01)00281-0.

- Ricklefs, R.E. (2009). *A Economia da Natureza*. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Rohlf F.J. (2008a). tpsUtil. For windows version 1.40. Department of Ecology and Evolution. State University of New York. <http://life.bio.sunysb.edu/morph/index.html>. Accessed Mar/12/2013.
- Rohlf F.J. (2008b). tpsDig. For windows version 2.17. Department of Ecology and Evolution. State University of New York. <http://life.bio.sunysb.edu/morph/index.html>. Accessed Mar/12/2013.
- Schneider S. S., Leamy, L. J., Lewis, L. A. & Degrandi-Hoffman, G. (2003). The influence of hybridization between African and European honeybees, *Apis mellifera*, on asymmetries in wing size and shape. *Evolution*, 57:2350-2364. doi: 10.1111/j.0014-3820.2003.tb00247.x.
- Smith, D.R., Crespi, B.J. & Bookstein, F.L. (1997). Fluctuating asymmetry in the honey bee, *Apis mellifera*: effects of ploidy and hybridization. *Journal of Evolutionary Biology*, Basel, 10: 551-574. doi: 10.1046/j.1420-9101.1997.10040551.x.
- Souza, D.L., Evangelista-Rodrigues, A., Ribeiro, M.N., Padilla, A.F., Farias, E.S.L. & Pereira, W.E. (2009). Análises morfométricas entre *Apis mellifera* da microrregião do sertão Paraibano. *Archivos de Zootecnia*, 58: 65-71.
- Villas-Bôas, J. (2012). *Manual tecnológico de abelhas sem ferrão*. Ed. ISPN. Brasília.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo, foi possível inferir estruturação clara entre as populações;

O teste de Mantel mostrou uma correlação positiva entre as distâncias morfológicas e geográficas;

Este estudo reforça a importância de planos de manejo e conservação da espécie, a fim de manter a diversidade na região;

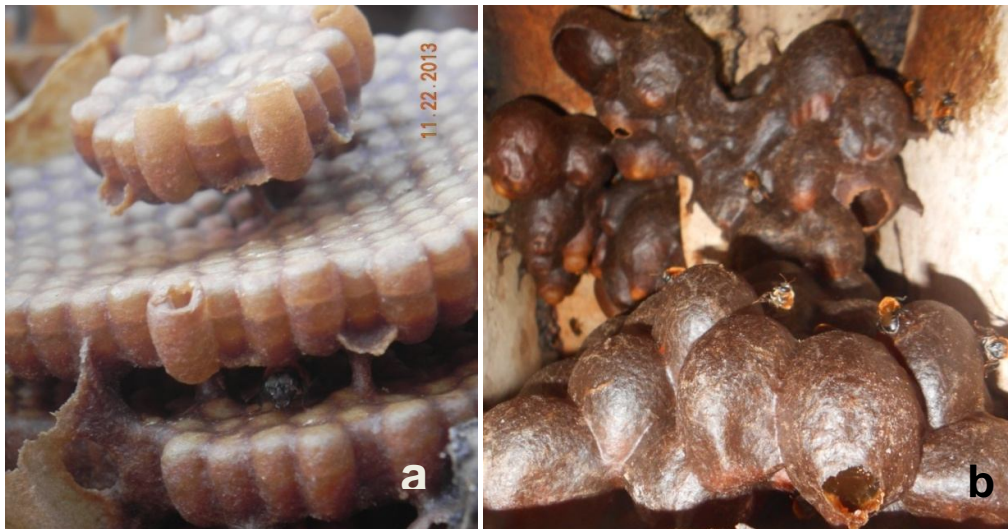
Existe uma assimetria flutuante significativa nas asas de Jandaíra (*Melipona subnitida*), tanto na forma e tamanho das asas entre as abelhas criadas em caixas racionais e cortiços;

Melhorias na gestão de meliponários seriam necessários para reduzir níveis de estresse nas colônias.

ANEXOS



ANEXO A. Ninho de *Melipona subnitida* criada em caixa racional.



ANEXO B. Estruturas do ninho. a) Células de cria de *Melipona subnitida* agrupadas em favo; b) Potes de mel e pólen construídos por operárias de *Melipona subnitida*.



ANEXO C. Indivíduos de *Melipona subnitida*. a) Abelha operária; b) Princesa (rainha não fecundada).



ANEXO D. Entradas de ninhos de *Melipona subnitida*. a) Entrada de ninhos de criada em caixa racional; b) Entrada com proteção contra ataque de lagartixa (*Hemidactylus* sp.).



ANEXO E. Cortiço com ninho natural de *Melipona subnitida* criado na região da Chapada do Araripe.



ANEXO F. Meliponário com criação de *Melipona subnitida* em caixas racionais no beiral de casa.



ANEXO G. Meliponário com criação de *Melipona subnitida* em cortiço.