**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Estruturação populacional, variações fenotípicas e estudos
morfométricos em *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) no Brasil**

Lorena Andrade Nunes

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutor em Ciências. Área de concentração:
Entomologia

**Piracicaba
2012**

Lorena Andrade Nunes
Bióloga

**Estruturação populacional, variações fenotípicas e estudos morfométricos em
Apis mellifera (Hymenoptera: Apidae) no Brasil**

Orientador:
Prof. Dr. **LUÍS CARLOS MARCHINI**

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutor em Ciências. Área de concentração:
Entomologia

**Piracicaba
2012**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Nunes, Lorena Andrade

Estruturação populacional, variações fenotípicas e estudos morfométricos em *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) no Brasil / Lorena Andrade Nunes. - - Piracicaba, 2012.

84 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2012.

1. Abelhas - Distribuição geográfica - Brasil 2. Assimetria 3. Ecologia de populações
4. Fenótipos 5. Morfometria I. Título

CDD 638.1
N972e

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Valdo e Carmem e a minha Irmã Elane que são meus estímulos e exemplos de vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus por permitir a realização deste trabalho e por ser meu suporte nos momentos difíceis.

Ao meu orientador Prof. Dr. Luís Carlos Marchini pela confiança, orientação, convívio e incentivo na realização das atividades.

Ao Prof. Leandro Rabello Monteiro pela amizade e auxílio na execução e entendimento das análises estatísticas e pelo apoio no doutorado sanduíche.

Ao Prof. Edilson Divino de Araújo e Prof^a. Augusta Moreti pela amizade, ensinamentos e auxílio durante o desenvolvimento do trabalho.

Ao Prof. Wesley Godoy e Prof. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho pelos momentos de discussões de trabalhos que contribuíram bastante para meu crescimento pessoal e profissional.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz” –ESALQ/USP pela oportunidade da realização do doutorado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq pela concessão da bolsa de estudo.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo-FAPESP pelo financiamento para a execução do trabalho.

Aos amigos do laboratório de Insetos Úteis José Wilson, Luzimário, Emilene, Talita, Andrea, Diogo e Vitor pelo apoio no desenvolvimento das atividades e pelos momentos de descontração no qual estivemos juntos.

Aos que me ajudaram na montagem das tabelas Aninha, Luzimário, Talita, Angelina, Heloísa, Fátima e Jaci, a ajuda de vocês foi essencial para que o trabalho fosse concluído a tempo. Obrigada.

Aos professores que contribuíram para a minha formação acadêmica e pessoal.

As meninas da república Vanessa, Gleydiane e Andrea pelo convívio durante esses anos, por todos os momentos de alegria, resenha e descontração.

Aos colegas e amigos do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, por todos os momentos de estudo e diversão que compartilhamos em especial Erika Britto, Angelina Marcomini, Rafael Pitta, Greice Erler, Juliana Balbinotte, Juliana Neves, Ana Paula Battel, Mônica Santos, Fátima Rampelotti, Marcos Aurélio Lima, Bruno De Conti, Algustín Mendoza, Eliane Grisoto, Cristiane Muller, Aloísio Coelho, Ormar Díaz, Oderlei Bernard, Tiago e Cherre pelo convívio mais constante e participativo.

Ao GOU que fez e faz parte do meu crescimento espiritual em especial a Aninha, Tathi e Rê que foram os pilares e o incentivo para continuar na caminhada.

Aos meus amigos da Bahia que mesmo a quilômetros de distância sentia muitas vezes pertinho e me ajudaram muito a prosseguir.

A todos os apicultores e pesquisadores que auxiliaram nas coletas e cederam as amostras para a realização da pesquisa.

Aos funcionários do Departamento de Entomologia pelos momentos de conversas, alegrias e ajuda.

Aos amigos e amigas que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

EPIGRAFE

“Não é o mais forte da espécie que sobrevive, nem o mais inteligente, mas a que melhor se adapta à mudança”

Charles Darwin

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	13
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1 Morfometria.....	21
2.2 Plasticidade fenotípica.....	22
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1 Coleta dos espécimes.....	25
3.1.1 Estudo morfométrico.....	25
3.1.2 Assimetria flutuante.....	25
3.2 Montagem das lâminas.....	26
3.3 Análise estatística.....	29
3.3.1 Análise morfométrica convencional.....	29
3.3.2 Análise morfométrica geométrica.....	30
3.4 Plasticidade fenotípica.....	30
3.4.1 Assimetria do tamanho.....	31
3.4.2 Assimetria da forma.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1 Estudo morfométrico populacional.....	33
4.1.1 Morfometria convencional.....	33
4.1.2 Morfometria geométrica.....	36
4.2 Análise de assimetria.....	42
4.2.1 Assimetria para o tamanho.....	42
4.2.2 Assimetria para a forma.....	44
5 CONCLUSÕES.....	49
REFERÊNCIAS.....	51
ANEXOS.....	59

RESUMO

Estruturação populacional, variações fenotípicas e estudos morfométricos em *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) no Brasil

Apis mellifera é uma espécie de abelha bastante estudada sob diferentes perspectivas, tanto em pesquisas básicas como aplicadas. Possui uma natureza singular associada não só a interesses econômicos como produção de cera, mel, própolis, geléia real, pólen, mas também, por seu potencial agrícola como polinizador. Esta espécie tem sido alvo de muitos estudos morfométricos, principalmente pela sua importância ecológica, pela sua grande capacidade de adaptação, sua ampla distribuição e por serem capazes de se estabelecer eficientemente em diversos ambientes. A morfometria geométrica permite uma análise rigorosa da variação da forma de uma determinada estrutura em organismos de diversos tamanhos, principalmente utilizando métodos de estatística multivariada, além de ser capaz de avaliar a instabilidade no desenvolvimento de um organismo. O presente trabalho teve como objetivo estudar as variações da forma e tamanho em asas e corbículas de operárias de *Apis mellifera*, provenientes das 5 regiões geográficas do Brasil, utilizando análises morfogeométricas. A existência de padrões de variação de forma e tamanho das abelhas africanizadas no Brasil obtidos há 16 anos em estudo clássico realizado por Diniz-Filho e Malaspina, possibilitou uma análise espaço-temporal comparativa com os resultados obtidos utilizando recursos tecnológicos atuais para a avaliação de dados morfométricos, bem como, verificar por meio das análises de assimetria flutuante a plasticidade fenotípica no tamanho e forma da asa e corbícula dessa espécie, possibilitou ainda, avaliar se condições adversas relacionadas às ações antrópicas influenciam no aumento de desvios na simetria bilateral desses caracteres morfológicos. Foi realizada uma amostragem abrangendo as 5 regiões geográficas do Brasil, pela forma das asa e análises multivariadas verificou-se que existe um padrão geográfico entre as populações de *Apis mellifera* no Brasil ($P \leq 0,001$). Essas variações geográficas podem ser devidas à grande extensão territorial, além da possível associação das diferenças entre ecorregiões. Verificou-se, também, a presença de assimetria flutuante na forma das asas e das corbículas de *Apis mellifera* em todas as populações estudadas, porém, na análise multivariada e assimetria do tamanho não obteve significância em algumas populações, constatando-se que para estudo de assimetria e distribuição populacional a forma da asa e das corbículas é a análise mais indicada e que apresenta maior precisão.

Palavras-chave: Morfometria geométrica; Distribuição populacional; Assimetria Flutuante; Abelha melífera

ABSTRACT

Populational structuration, phenotypic variations and morphometric studies in *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) in Brazil.

Apis mellifera is bee specie very studied under different perspectives, as for basic studies to applied ones. They have a singular nature, not only associated to economic issues as wax, honey, propolis, royal jelly and pollen production, but also for their agricultural potential as pollinators. This specie has been long aimed for morphometric studies, because of its ecological importance, easy capacity of adaptation, large distribution and for being able of efficient establishment in diverse environments. The geometric morphometric allows rigorous analyses in shape variation of a given structure in organism of diverse sizes, especially when using multivariate statistics methods, enabling the evaluation of instability in the development of an organism. The present study aim the variations of shape and size in wings and pollen basket from workers of *Apis mellifera*, acquired at 5 geographic regions of Brazil, using morphogeometric analyses. The existence of variation patters in shape and size of Africanized bees in Brazil, obtained 16 years ago in classic study made by Diniz-Filho and Malaspina, made possible a comparative spatial-temporal analyses with the results obtained in this study, using updated technology resources for evaluation of morphometric data, as well as the phenotypic plasticity exam of size and shape in wings and pollen basket of this specie, using fluctuating asymmetric analysis, and evaluate if diverse conditions made by anthropomorphic actions has influence on the deviation increase among bilateral symmetry of this morphological characters. The sample was made including 5 geographic regions of Brazil. By the wings' size shape and multivariate analyses, it was verified the existence of a geographic pattern among Brazilian *Apis mellifera* populations ($P \leq 0,001$). Those geographical variations may be caused due to the big territorial expansion, alongside with the possible association of different ecoregions. It was also verified floating asymmetric in the shape of wings and pollen basket from *Apis mellifera* in all studied populations, however, in the multivariate analyses the asymmetry in shape was not significant in some populations, showing that, for studies of asymmetry and populational distribution, the shape of wings and pollen basket is the most indicated and precise analyses.

Keywords: Geometric morphometric; Population distribution; Fluctuating asymmetry; Honeybee

1 INTRODUÇÃO

Apis mellifera é uma espécie de abelha altamente social que vive em colônias compostas por milhares de indivíduos e pertence à Ordem Hymenoptera. É uma espécie com rico histórico como organismo experimental, estudada sob diferentes perspectivas tanto em pesquisas básicas como aplicadas. Tamanha notabilidade sobre a chamada “rainha dos insetos” se deve à sua natureza singular associada a interesses econômicos como produção de cera, mel, própolis, geléia real, pólen, mas também, por seu potencial agrícola como polinizador (WINSTON, 2003). A ontogênese da abelha se desdobra na produção de três formas de indivíduos adultos morfológica e funcionalmente diferentes: o zangão (macho), a rainha (fêmea reprodutiva) e a operária (fêmea infértil, porém com potencial reprodutivo).

Muitas raças ou subespécie de *A. mellifera* ocorrem dentro de um amplo intervalo de distribuição natural, e diferem em muitas características comportamentais e morfológicas (TOFILSKI, 2008). A subespécie africana (*A. m. scutellata*) tem colonizado a América do Sul, Central e América do Norte, desde a sua introdução no Brasil, em 1956. Durante o processo de colonização das Américas, as abelhas foram submetidas a várias forças evolutivas incluindo seleção natural e artificial (MICHENER, 1975; RATNIEKS, 1991; DINIZ-FILHO e MALASPINA, 1995) além de serem uma mistura racial com as abelhas Européias introduzidas no Brasil pelos padres Jesuítas desde o século XIX. As abelhas resultantes desse processo são conhecidas hoje como abelhas africanizadas e se assemelham mais com as africanas do que às das linhagens européias, em termos de morfologia, bioquímica, hidrocarbonetos cuticulares, frequência alélica e isoenzimas (DINIZ-FILHO e MALASPINA, 1995).

A excelente adaptação das abelhas africanas ao Brasil ocorreu devido à semelhança das condições ambientais do território brasileiro com as de seu local de origem e, posteriormente, pela capacidade dessa subespécie africana de imprimir algumas vantagens adaptativas nas descendentes de seus cruzamentos com outras subespécies, garantindo a expansão das abelhas africanizadas por toda a América (GARCIA e COUTO, 2005).

A ampla distribuição geográfica e heterogeneidade ambiental de todo o continente e as diferenças entre as abelhas africanizadas podem ajudar a compreender os processos micro-evolucionários envolvendo diferenciação da população, bem como, processo estocástico, deriva genética e migração, especialmente em termos morfológicos, comportamentais e adaptações fisiológicas para diferentes condições locais (DINIZ-FILHO et al., 2000).

Com a necessidade da quantificação da variação da forma surgiu, no final dos anos 80, a metodologia relevante que sintetizasse descrições geométricas com análises estatísticas. Assim, foi necessário um embasamento teórico, filosófico, que culminou na criação de uma área de pesquisa na fronteira entre a biologia, a estatística e a geometria (ROHLF e MARCUS, 1993; MONTEIRO e REIS, 1999).

A morfometria geométrica permite uma análise rigorosa da variação da forma de uma determinada estrutura em organismos de diversos tamanhos, principalmente utilizando métodos de estatística multivariada. A aplicação mais comum da morfometria consiste na identificação das configurações de marcos anatômicos, nos diversos caracteres morfológicos presentes (KLINGENBERG, 2002). É uma técnica adequada, rápida e de baixo custo e os marcos anatômicos permitem identificar as variações de forma entre estruturas morfológicas homólogas nos diferentes organismos (FRANCOY et al., 2008; FRANCOY e IMPERATIZ-FONSECA, 2010) e são mais acessíveis aos apicultores (TOFILSKY, 2008). Tem sido utilizada com sucesso na biologia evolutiva (como, variações geográficas, sazonais e demográficas), antropologia física, paleontologia e sistemática (BITNER-MATHÉ, PEIXOTO e KLACZKO, 1995; MONTEIRO et al., 2002; FRIEß e BAYLAC, 2003; PRETORIUS, 2005; SHIPUNOV e BATEMAN, 2005; NUNES et al., 2008).

A partir dessa técnica também é possível avaliar perturbações de natureza genética ou ambiental que os organismos podem enfrentar durante o desenvolvimento embrionário, as quais ele deve superar para que possa expressar o fenótipo pré-determinado. A homeostasia no desenvolvimento é o resultado da ação conjunta dos genes selecionados para interagir harmonicamente, produzindo um padrão “organizado” no desenvolvimento (DEL LAMA et al., 2002). Como as alterações humanas no ambiente (erosão, desmatamento, poluição) são rápidas e intensas, há uma crescente preocupação em relação às consequências ecológicas e evolutivas das atividades antrópicas sobre populações naturais (POLAK et al., 2002). Do mesmo modo, mudanças genéticas como mutações, seleção, endocruzamento e

perturbações entre os cromossomos podem aumentar a assimetria (PARSONS, 1992).

Mudanças no desenvolvimento dos indivíduos em populações naturais mostram-se como potenciais ferramentas de bioindicação da qualidade ambiental. Uma das técnicas usualmente utilizadas para a avaliação da influência de fatores externos sobre o fenótipo de um indivíduo é denominada Assimetria Flutuante (AF), que é definida como mudanças sutis aleatórias e não direcionais entre os planos de simetria dos indivíduos durante o desenvolvimento ontogenético dos mesmos (PALMER e STROBECK, 1986). Tal ferramenta consiste na medição de uma série de características discretas e/ou contínuas, em ambos os lados dos indivíduos de uma espécie, com objetivo de se avaliar se um determinado fator estressante externo afeta o desenvolvimento ontogenético dos mesmos (SILVA et al., 2007).

Grande parte das respostas fenotípicas aos efeitos do ambiente é devido à plasticidade fenotípica, que é a habilidade do organismo de alterar sua fisiologia/morfologia em resposta às condições ambientais, sem que mudanças genéticas sejam necessárias (SCHEINER, 1993). A plasticidade é uma forma fundamental na adaptação a ambientes heterogêneos e instáveis, uma vez que permite a manutenção do vigor, embora nem todas as respostas plásticas sejam adaptativas (GOTTHARD e NYLIN 1995, VIA et al. 1995).

As causas da assimetria flutuante têm sido muito estudadas e parecem ter como origem tanto o estresse genético quanto o ambiental (PALMER e STROBECK, 1986; PARSONS, 1990). Flutuações assimétricas são mais prováveis de ocorrer em organismos que se desenvolvem sob condições de estresse, pois estes apresentam, de modo geral, maior dificuldade para regular o seu desenvolvimento. Portanto, a assimetria flutuante pode ser sugerida como ferramenta estimadora do estresse em um indivíduo, e suas medidas podem representar um sensível indicador de desenvolvimento do organismo em seu ambiente, além de auxiliar na elucidação da capacidade dos organismos em lidar com mudanças ambientais e diferentes perfis genéticos (LEMPA et al., 2000).

Os animais que exibem simetria bilateral, como os insetos, geralmente apresentam estruturas morfológicas semelhantes em ambos os lados do corpo. Se o desenvolvimento dessas estruturas estiverem sob controle genético, espera-se, que elas se apresentem morfolologicamente simétricas em ambos os lados, pois são produtos da expressão de um mesmo genoma (LEARY e ALLENDORF, 1989). As

abelhas apresentam uma grande plasticidade para ocupar diferentes nichos e, em função disso, são capazes de estabelecer-se eficientemente como populações silvestres em diferentes regiões. Desde o início do processo de africanização da *Apis mellifera* nas Américas, essa espécie tem sido alvo de muitos estudos, sendo possível observar sua grande capacidade de adaptação e sua ampla distribuição, propiciando assim a manutenção de um pool gênico diversificado. A distribuição bem sucedida de *A. mellifera* deve-se muito à habilidade de ajuste das colônias às mudanças sazonais e de exercer um controle considerável sobre seu meio físico interno (FREE, 1980). No entanto, as populações dessa espécie experimentam diferentes formas e níveis de pressão ambiental.

As análises morfométricas foram realizadas com caracteres das asas anteriores e das corbículas, uma vez que a simetria de asa é essencial para a capacidade de vôo do indivíduo e consequentemente o desenvolvimento de toda a colônia, de forma que é esperado que se tenha um mecanismo de regulação das abelhas que garanta certa simetria (BRÜCKNER, 1976). Por esta razão, a simetria das asas parece ser uma boa medida de desenvolvimento da homeostase em abelhas. A corbícula tem grande importância ecológica, uma vez que resultou de modificações na tíbia do terceiro par de pernas, tornando-se muito larga e ligeiramente côncavas na face externa, com pêlos de comprimento e forma variáveis dispostas à sua margem. A tíbia adquiriu alguma semelhança com uma cesta, onde o pólen é armazenado em forma de bolotas (THORP, 1979), sendo utilizada para a coleta de alimento e/ou resina.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo verificar a plasticidade fenotípica no tamanho e forma da asa e corbícula de *Apis mellifera* utilizando análises de assimetria flutuante, e avaliar se condições adversas relacionadas às ações antrópicas influenciam no aumento de desvios na simetria bilateral desses caracteres morfológicos. Além disso, estudar as variações em asas e corbículas de operárias de *Apis mellifera*, provenientes das 5 regiões do Brasil, utilizando análises morfogeométricas, a fim de verificar a existência de padrões de variação de forma e tamanho das abelhas africanizadas no Brasil após 16 anos do estudo clássico realizado por Diniz-Filho e Malaspina (1995) os quais utilizando morfometria convencional verificaram variações populacionais na distribuição da abelha Africanizada no Brasil, e este estudo possibilita uma análise espaço-temporal comparativa utilizando recursos tecnológicos atuais para a avaliação de dados

morfométricos. Na década de 1990 as técnicas de morfometria geométrica ainda não estavam disponíveis e a morfometria convencional apenas é capaz de separar adequadamente variações de tamanho e não variações de forma (TOFILSKY, 2008)

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Morfometria

A morfometria abrange um conjunto de técnicas capazes de deduzir processos evolucionários de padrões espaciais e testar teorias para explicar a “africanização” em populações de *A. mellifera* na região Neotropical (DINIZ-FILHO e MALASPINA, 1995). Em particular, a morfometria geométrica analisa a forma de estruturas como por exemplo a asa sendo utilizada para fornecer informação e identificação de populações de abelhas (TOFILSKY, 2008). Dados morfométricos são muitos utilizados em estudos sobre a estrutura populacional e sobre a variação geográfica entre raças ou entre populações de abelhas (GARAY e DIAS, 2001).

Muitos estudos realizados com *A. mellifera* buscaram principalmente diferenciar as subespécies ou raças a partir de caracteres morfométricos, principalmente utilizando programas de identificação automática (FRANCOY et al. 2006; FRANCOY et al. 2008; TOFILSKI 2008). Esta espécie é apontada como um exemplo de abelha dotada de importantes características, como rápido desenvolvimento e adaptação, rusticidade, alta capacidade de produção de mel e própolis, maior capacidade de identificação de fonte de alimento, eficientes polinizadoras e resistência à doenças (GONÇALVES, 2006).

Muitos estudos com morfometria de asas de abelhas já foram realizados principalmente com a espécie *A. mellifera*. Análises discriminantes para a identificação de abelhas melíferas africanizadas e européias foram realizadas por Rinderer et al., (1993). Oliveira-Jr, Brandeburgo e Marcolino (2000) utilizando análises morfométricas de asas e antenas, verificaram o processo de adaptação das abelhas africanizadas. Reginato e Cruz-Landim (2003), avaliaram o desenvolvimento das larvas, operárias e rainhas de *A. mellifera* e seus ovários por meio de análises morfométricas mensurando a cápsula cefálica, antena e peso. Hepburn et al. (2004) com medidas de caracteres morfológicos com *A. mellifera*, separando caracteres morfológicos e fenotípicos, apresentaram a variação genética existente nesta espécie, comprovando que provavelmente não está ocorrendo fluxo gênico, devido à variação topográfica e climática. Silva et al. (2005) observaram a formação de diferentes castas (rainha, operária e intercasta) com base na alimentação medindo alguns caracteres corporal das larvas, concluindo que técnicas discriminantes

multivariadas são eficientes para discriminar castas de *A. mellifera* criadas em laboratório.

A análise morfométrica em abelhas é normalmente realizada utilizando caracteres da asa, pois foi verificado em abelhas do gênero *Apis* que a herdabilidade deste caráter usualmente é alta, sofrendo pouca variação do ambiente (DINIZ-FILHO e BINI, 1994), indicando assim, ser um caractere com elevado componente genético para avaliar a estruturas populacionais.

2.1 Plasticidade fenotípica

Vários autores têm sugerido que um aumento da Assimetria Flutuante (AF) antecedente à extinção pode ser um indicador de “estresse genético” devido a perda de variabilidade genética. Desta forma, AF consiste em um marcador morfogenético capaz de refletir as perturbações genéticas e epigenéticas experimentadas durante o desenvolvimento do indivíduo. A sua utilização tem sido de grande utilidade para programas de monitoramento ambiental e conservação genética, por meio do monitoramento da variabilidade genética em populações cativas que são utilizadas em programas de repovoamento ou para o aumento de populações naturais (LEARY e ALLENDORF, 1989).

Variabilidade fenotípica e genotípica tende a ser alta sob condições de estresse ambiental. O aumento substancial na variabilidade ocorre principalmente quando o estresse é de tal gravidade que pode haver mudanças prejudiciais a um sistema biológico (PARSONS, 1991). Alguns estudos vêm sendo realizados e indicam uma estreita relação entre o alimento coletado pelas abelhas e o desenvolvimento das colônias. Singh e Singh (1996) verificaram que a escassez de pólen afeta a capacidade da colônia em cuidar das crias mais jovens e Cremonoz (1996) observou que o fornecimento de alimento energético às abelhas estimula a produção de crias e a falta de pólen limita o crescimento.

A deficiência de nutrientes prejudica a dieta das abelhas comprometendo o desenvolvimento, manutenção e reprodução das colônias, além de reduzir o tempo de vida destes insetos, favorecendo o estresse e o aparecimento de doenças (SANFORD, 1996; COUTO, 1998). SCHNEIDER et al. (2003) verificaram que os híbridos das abelhas Africanas e Européias contribuem para a redução da

estabilidade no desenvolvimento de *A. mellifera*, constatando uma maior assimetria nas características da asa.

Nos períodos de escassez de alimento no campo as operárias percorrem longas distâncias a procura de alimento e principalmente de água, que tem um papel muito importante para estes insetos, no que diz respeito a sua alimentação e o controle da temperatura interna da colméia. Períodos do ano com altas temperaturas e baixo índice pluviométrico estão relacionados a maior atividade das abelhas e maior número de enxames (SILVA et al., 2003). McGregor (1976) comenta que com o frio, tempo encoberto ou ventanias, as abelhas provavelmente visitarão somente árvores até uns 100m das colméias e segundo Mayer (1983) abelhas não forrageiam em fontes mais distantes até que a temperatura esteja acima de 18°C e a velocidade do vento menor que 4,5 m/s.

Assimetria flutuante (AF), que denota pequenos desvios da simetria perfeita de qualquer caráter de organismo com simetria bilateral (PALMER e STROBECK 1986, PARSONS 1990, CORNELISSEN e STILING, 2005), tem sido o índice mais comum utilizado para descrever variações fenotípicas causadas por ruído ambiental. Se a expressão de um caráter bilateral é produzida por um mesmo genoma, então qualquer assimetria entre os lados poderia ser uma consequência de distúrbio ambiental (CLARKE 1996, WOODS et al. 1998). Aliado a isso espera-se que níveis de AF sejam negativamente correlacionados com valor adaptativo (“fitness” e seus componentes), embora haja dados contraditórios (MARKOW e RICKER 1992, UENO 1994).

O estudo das correlações genéticas é de interesse para a biologia evolutiva porque possibilita a elaboração de modelos preditivos de trajetória evolutiva de populações naturais ou populações que precisam ser controladas para fins sanitários (LOMÔNACO e GERMANOS, 2001).

Flutuações assimétricas são mais prováveis de ocorrer em organismos que se desenvolvem sob condições de estresses, pois estes apresentam, de modo geral, maior dificuldade de regular seu desenvolvimento. AF é então sugerida como ferramenta para se estimar o estresse em um indivíduo, e suas medidas podem então representar um indicador sensível de desenvolvimento do organismo em seu ambiente, além de elucidar como os organismos são aptos a lidarem com mudanças ambientais e condições genéticas (LEMPA et al. 2000).

Pouco se sabe sobre os efeitos da AF sobre o potencial reprodutivo ou mesmo sua relação com outros caracteres morfofisiológicos. Alguns trabalhos apontam a AF como característica importante em processos de seleção de alguns insetos (MOLLER e POMIANKOWSKI 1993, UENO 1994, MARKOW 1995). Foi verificado por Kanegae e Lomônaco (2003) que pulgões sujeitos a diversas temperaturas apresentam tamanhos diferentes e a AF em alguns caracteres avaliados, porém, apesar de possuírem diferenças separadamente, não houve relação entre ambas, ou seja, o tamanho e a AF não possuem correlação entre si.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Coleta dos espécimes

3.1.1 Estudo morfométrico

O trabalho foi realizado ao longo de dois anos, de abril de 2009 a abril de 2011, sendo amostradas 14 localidades brasileiras, distribuídas em 13 municípios: Cassilândia-MS, Aquidauana-MS, Fortaleza-CE, Itapiúna-CE, Riachuelo-SE, Pacatuba-SE, União Vitória-PR, Maringá-PR, Ubatuba-PR, Rolim de Moura-RO, Erval Seco-RS, Rio Claro-SP, Piracicaba-SP (Tabela 1), abrangendo as 5 regiões do país. Em cada localidade foram coletadas amostras de 20 colméias instaladas em apiários, e 10 indivíduos por colméia totalizando 200 indivíduos por localidade e 1400 no total.

Tabela 1 - Localidades, coordenadas geográficas e região de coleta das amostras de populações de *Apis mellifera*

Localidades	Coordenadas	Região
Cassilândia-MS	19°6' 46" S, 51°44' 2" W	Centroeste
Cassilândia-MS	19°6' 46" S, 51°44' 2" W	Centroeste
Fortaleza-CE	3°43' 1" S, 38°32' 34" W	Nordeste
Itapiúna-CE	4°33' 50" S, 38°55' 19" W	Nordeste
União da Vitória-PR	26°13' 48" S, 51°5' 9" W	Sul
Maringá-PR	23°25' 30" S, 51°56' 20" W	Sul
Aquidauana-MS	20°28' 15" S, 55°47' 13" W	Centroeste
Rolim de Moura-RO	11°43' 31" S, 61°46' 40" W	Norte
Riachuelo-SE	10°43' 40" S, 37°11' 13" W	Nordeste
Pacatuba-SE	10°27' 10" S, 36°39' 3" W	Nordeste
Erval Seco-RS	27°32' 56" S, 53°30' 14" W	Sul
Ubatuba-PR	24°32' 42" S, 52°59' 16" W	Sul
Rio Claro -SP	22°24' 39" S, 47°33' 39" W	Sudeste
Piracicaba-SP	22°43' 30" S, 47°38' 56" W	Sudeste

3.1.2 Assimetria Flutuante (AF)

Foi realizada uma amostragem em 16 localidades brasileiras, distribuída em 13 municípios: Cassilândia-MS, Aquidauana-MS, Fortaleza-CE, Itapiúna-CE, Riachuelo-SE, Pacatuba-SE, União Vitória-PR, Maringá-PR, Ubatuba-PR, Rolim de Moura-RO, Erval Seco-RS, Rio Claro-SP, Piracicaba-SP (Tabela 2) abrangendo as 5 regiões do Brasil. Em cada localidade foram coletadas amostras de 20 colméias instaladas em apiários: 10 instaladas próximas a ambientes altamente antropizados

e 10 em ambientes considerados com baixo grau e antropização. Em cada colméia foram amostrados 10 indivíduos, totalizando 200 indivíduos por localidade e 1600 no total.

Quanto à classificação dos locais com alto e baixo grau de antropização: a) Ambientes considerados altamente antropizados foram escolhidos pela grande concentração urbana, proximidade com rodovias, área de cultivo com aplicação de inseticidas, zonas com grandes indústrias (regiões com alto índice de poluição). b) E ambientes considerados com baixo grau de antropização foram escolhidos por serem áreas de preservação permanente de remanescentes de florestas (Atlântica, de Planalto, Cerrado) definidas para proteger ambientes naturais e preservar ecossistemas, matas ciliares ou reservas ecológicas (Tabela 2).

Tabela 2 - Localidades, coordenadas geográficas e caracterização da área de coleta das amostras de populações de *Apis mellifera*

Localidades	Coordenadas	Área
Cassilândia-MS	19°6' 46" S, 51°44' 2" W	Antropizada (Área Urbana, lixo)
Cassilândia-MS	19°6' 46" S, 51°44' 2" W	Vegetação Cerrado
Fortaleza-CE	3°43' 1" S, 38°32' 34" W	Antropizada (Área Urbana)
Itapiúna-CE	4°33' 50" S, 38°55' 19" W	Mata
União da Vitória-PR	26°13' 48" S, 51°5' 9" W	Mata
Maringá-PR	23°25' 30" S, 51°56' 20" W	Antropizada (Plantação de cana, frutas, milho, soja)
Aquidauana-MS	20°28' 15" S, 55°47' 13" W	Mata
Aquidauana-MS	20°28' 15" S, 55°47' 13" W	Antropizada (Área Urbana)
Rolim de Moura-RO	11°43' 31" S, 61°46' 40" W	Mata
Rolim de Moura-RO	11°43' 31" S, 61°46' 40" W	Antropizada (Área Urbana, lixo)
Riachuelo-SE	10°43' 40" S, 37°11' 13" W	Antropizada (Usina de cana)
Pacatuba-SE	10°27' 10" S, 36°39' 3" W	Mata
Ervál Seco-RS	27°32' 56" S, 53°30' 14" W	Mata
Ubiratã-PR	24°32' 42" S, 52°59' 16" W	Antropizada (Plantação de milho)
Rio Claro -SP	22°24' 39" S, 47°33' 39" W	Mata
Piracicaba-SP	22°43' 30" S, 47°38' 56" W	Antropizada (Área Urbana)

3.2 Montagem das lâminas e aquisição de dados.

Para a análise morfométrica foram retiradas as asas anteriores e as corbículas direitas com auxílio de uma pinça de ponta fina e para a análise de assimetria flutuante de cada indivíduo foram retiradas as asas anteriores e as corbículas do lado direito e esquerdo. Posteriormente, estas estruturas foram

colocadas entre duas lâminas para manter as estruturas planas a fim de obter uma melhor captura da imagem e posterior medições.

As imagens foram obtidas e digitalizadas por meio de uma câmera acoplada ao esteromicroscópio utilizando o programa Leica Application suite versão 3.4.1. Neste mesmo software foram realizadas as medições referentes a análises morfométricas e de assimetria flutuante no estudo convencional (Figura 1 e 2).

Figura 1 - Esquema da asa anterior de *Apis mellifera* com medidas utilizadas para a realização das análises convencionais. CR (comprimento da célula radial), LR (largura da célula radial), Cu (nervura cubital), Anal (nervura anal), L (largura total), C (comprimento total) e N1, N2, N3, N4, N5, N6, N7 (nervura 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 respectivamente)

Figura 2 - Esquema da corbícula de *Apis mellifera* com medidas utilizadas para a realização das análises convencionais

A partir das mesmas imagens digitalizadas das asas e corbículas foram marcados pontos anatômicos utilizando o software TpsDIG2 versão 1.40 (ROHLF, 1998) para análises de morfometria geométrica como estão representadas no esquema das Figuras 3 e 4.

Figura 3 - Esquema da asa anterior de *Apis mellifera* com os marcos anatômicos utilizados para a realização das análises

Figura 4 - Esquema da corbícula direita de *Apis mellifera* com os marcos anatômicos utilizados para a realização das análises

As análises morfométricas foram realizadas com caracteres da asa e da corbícula, uma vez que a forma e o tamanho da corbícula estão relacionados com a produção de pólen e transporte de própolis, entretanto o comprimento e a largura das asas estão relacionadas com a capacidade de voo (SOUZA et al., 2009).

As asas das abelhas são extensões do exoesqueleto adaptadas para possibilitar o voo (WINSTON, 2003), sendo a mais importante forma de deslocamento desses indivíduos e as corbículas têm grande importância ecológica, uma vez que resultaram de modificações na tíbia do terceiro par de pernas, tornando-se muito larga e ligeiramente côncavas na face externa, com pêlos de comprimento e forma variáveis dispostas à sua margem. A tíbia adquiriu alguma semelhança com uma cesta, onde o pólen é armazenado em forma de bolotas (THORP, 1979).

A forma é definida a partir de uma configuração de pontos que se alteram por efeitos de tamanho, posição e sentido (MONTEIRO e REIS, 1999). A variação da

forma foi obtida pelo método de sobreposição de Procrustes (KLINGENBERG e McINTYRE, 1998 e MONTEIRO e REIS 1999).

3.3 Análise estatística

3.3.1 Análise morfométrica convencional

Para a análise das diferenças entre as colônias de *A. mellifera* foi empregada a análise de variância multivariada (MANOVA), análise das variáveis canônicas (AVC), função discriminante linear de Fisher (FDF), distância D^2 de Mahalanobis e a análise de agrupamento UPGMA.

A análise das Variáveis Canônicas foram utilizadas para maximizar a variação entre as populações, explicada por cada variável canônica, em relação a variação entre as populações, e testar se as médias destes grupos são significativamente diferentes, além de possibilitarem a identificação de grupos similares em gráficos de dispersão bidimensional facilitando a interpretação geométrica. A importância relativa das variáveis canônicas foi medida pela percentagem de seus autovalores (variâncias) em relação ao total dos autovalores, ou seja, é a percentagem das variâncias total que elas explicam (PIRES, 2002).

A AVC fornece uma descrição das diferenças entre os grupos especificados a priori em um conjunto de dados multivariados. Através da AVC, é possível verificar a relação da magnitude de diferenças entre os grupos e aquela dentro de cada grupo. AVC maximiza a variação de uma matriz de variâncias e covariâncias descrevem os eixos de variação máxima (MONTEIRO e REIS, 1999), o que favorece a formação dos grupos. A análise discriminante tem sido amplamente empregada em estudos com abelhas do gênero *Apis*, para separar populações de abelhas africanizadas de populações européias (RINDERER et.al., 1993).

A matriz de distância por D^2 foi utilizada para a análise de agrupamento pelo método *Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Average* (UPGMA), em que a distância intergrupo foi obtida pela média das distâncias pareadas dos membros dos dois grupos, conforme Dias (1998). Foram utilizados nas análises estatísticas os programas SAS e PAST.

3.3.2 Análise morfométrica geométrica

Os dados obtidos pelo TpsDIG2, que são as coordenadas posicionais de cada ponto anatômico em um plano cartesiano, foram levados ao programa MorphoJ para a análise da morfometria, onde foram realizados os processos de superposição (translação), proporcionalização e rotação. O ajuste generalizado de Procrustes é realizado como referencial à configuração média chamada de consenso. Assim, as configurações finais das espécies alinhadas constituem um grupo de variáveis que se refere somente à forma das estruturas (MONTEIRO e REIS, 1999). Os consensos gerados são os conjuntos de valores posicionais médios dos pontos anatômicos amostrados para asas e corbícula de *A. mellifera*, para cada população e representados simultaneamente sob a forma da “asa consenso” e “corbícula consenso”.

Foi empregada a análise de variáveis canônicas e análise de agrupamento utilizando a distância D^2 de Mahalanobis. A distância D^2 de Mahalanobis entre os centróides dos dados morfométricos de cada localidade foi utilizada como medida da distância morfométrica (MANLY, 1991). A matriz de distância por D^2 foi utilizada para a análise de agrupamento pelo método Unweighted Pair-Group Method using na Arithmetic Average (UPGMA), em que a distância intergrupo foi obtida pela média das distâncias pareadas dos membros dos dois grupos, conforme Dias (1998).

Utilizando-se as formas médias das populações obtidas por meio das análises morfométricas foi realizada posteriormente a Análise das Variáveis Canônicas (AVC) com os dados obtidos a fim de verificar as diferenças entre as populações coletadas nas 5 regiões do País. Em seguida foi realizada a análise da validação cruzada para verificar a precisão dos dados e quantos indivíduos foram classificados corretamente em suas devidas localidades. As análises foram realizadas utilizando o programa PAST e o R, respectivamente.

3.4 Plasticidade fenotípica

Foram selecionados 400 indivíduos de quatro localidades para serem feitas análises preliminares de assimetria, a fim de verificar o erro de medição. Desta forma, cada indivíduo foi medido duas vezes. Segundo Palmer (1994), testes como

este devem ser utilizados para verificar o erro de medição utilizando pelo menos 30 indivíduos.

Os índices de tamanho foram submetidos à análise de Variância (ANOVA), tomando-se como fatores os caracteres avaliados para verificar as diferenças de tamanho. Para a análise da assimetria flutuante (AF) foram obtidas as medidas das asas e corbículas, a fim de verificar as diferenças bilaterais (direito menos esquerdo) e foram submetidos ao test-T pareado para avaliar se as distribuições apresentam médias iguais à zero (PALMER e STROBECK, 1986, SWADDLE et al., 1994), caso contrário pode se tratar de variações assimétricas. A AF foi medida em todos os indivíduos amostrados para a determinação de tamanho e forma.

3.4.1 Assimetria no tamanho

Para verificar a assimetria do tamanho do centróide da asa e das corbículas foi realizada a análise da ANOVA de Procrustes, onde o tamanho do centróide foi tratado como uma variável independente, o lado do corpo como um efeito fixo e os indivíduos como um efeito aleatório (KLINGENBERG e McINTYRE, 1998). Procedimento similar foi realizado para cada medida de distância dos dados convencional (nervuras e corbícula) utilizando a ANOVA mista. Para a obtenção do valor de F para o efeito do lado e dos indivíduos, foi utilizado como denominador a interação entre lado X indivíduo, e para o valor de F da interação lado X indivíduo foi utilizado como denominador a medida do erro (PALMER, 1994 e KLINGENBERG e McINTYRE, 1998).

Segundo o modelo genético de Via e Lande (1985), que avalia quantitativamente a plasticidade fenotípica, a variação fenotípica total de um caráter equivale à soma de seus componentes genéticos e ambientais, bom como da interação entre ambos. Por essa razão, a ocorrência de plasticidade fenotípica para o tamanho foi estimada pelo componente ambiental de variação (FALCONER, 1989).

3.4.2 Assimetria da forma

Para analisar a assimetria da forma das asas e corbículas das populações as configurações das espécies alinhadas foram utilizadas em uma ANOVA de

Procrustes (KLINGENBERG e McINTYRE, 1998 e PALMER e STROBECK, 2003), de forma similar ao processo utilizado para a análise da assimetria para o tamanho do centróide, onde o lado do corpo foi tratado como um efeito fixo e os indivíduos como um efeito aleatório. Dessa forma, o efeito do indivíduo consiste em variação individual da forma e o efeito do lado corresponde à assimetria. O termo da interação entre lado X indivíduo é a medida de assimetria flutuante (a variação aleatória na diferença entre os lados direito e esquerdo entre os indivíduos) e o resíduo, que é a variabilidade entre as réplicas, são tratados como a medida do erro (KLINGENBERG e McINTYRE, 1998).

A partir dos dados obtidos foi utilizada a distância de Procrustes das asas e das corbículas para avaliar as diferenças e o nível de assimetria entre as diversas localidades de coletas. Com as distâncias de Procrustes foram calculadas a herdabilidade da variação da forma da asa e das corbículas em *A. mellifera*, de acordo com a fórmula:

$$S_a^2 = \frac{MS_{colônia} - MS_{Erro}}{L}$$

Onde, o erro da variância (S_e^2) é igual ao erro do quadrado médio (MS_{erro}) e entre as colônias é calculado pelo coeficiente de correlação (t):

$$t = \frac{S_a^2}{S_a^2 + S_e^2}$$

A herdabilidade é calculada dividindo o t pelo grau de parentesco entre os irmãos $h^2 = t/r$. O valor de r utilizado foi 0,3 como sugerido por Monteiro et al. (2002), por fornecer uma estimativa conservadora da herdabilidade.

As causas da assimetria flutuante têm sido muito estudadas e acreditava-se que estava completamente relacionada ao ambiente (PALMER, 1994), no entanto, possui uma base genética ainda desconhecida com a herdabilidade próxima a zero (PALMER e STROBECK, 1986; PARSONS, 1990; FULLER e HOULE, 2002; LEAMY e KLINGEMBERG, 2005).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estudo morfométrico populacional

4.1.1 Morfometria convencional

As análises multivariadas, especialmente as Variáveis Canônicas e as Funções Discriminantes, são extremamente úteis na ordenação dos dados morfométrico, permitindo que parâmetros biológicos possam ser mais facilmente detectados e interpretados. A morfometria multivariada geralmente avaliam a variação morfométrica dentro das populações e sua relação com a variação entre as populações, procurando, frequentemente, relacionar variação ambiental e diferenciação fenotípica (REIS, 1988).

Foram necessárias as cinco primeiras variáveis para explicar mais de 80% da variação total (Tabela 3). Esse resultado é esperado porque *A. mellifera* é uma espécie capaz de se estabelecer eficientemente como populações silvestres em diferentes regiões, por possuir características como rápido desenvolvimento e fácil adaptação, além de que a sua ampla distribuição propicia a manutenção de um pool gênico.

Tabela 3 - Variáveis canônicas, autovalores, percentagem de variância e da variância acumulada obtidas com a análise de 15 características morfométricas das asas e corbículas de *Apis mellifera*

Variáveis Canônicas	Autovalores (λ_i)	Proporção (% α^2)	Proporção Acumulada (% α_a^2)
1	0,4153	0,152	0,3163
2	0,2633	0,1003	0,5167
3	0,163	0,0364	0,6409
4	0,1266	0,0376	0,7372
5	0,089	0,0168	0,805
6	0,0722	0,0121	0,8599
7	0,0601	0,0172	0,9057
8	0,0429	0,0096	0,9384
9	0,0333	0,0137	0,9638
10	0,0197	0,0069	0,9788
11	0,0128	0,0033	0,9885
12	0,0094	0,0058	0,9957
13	0,0037	0,002	0,9985
14	0,0017	0,0013	0,9997
15	0,0004	0,0003	0,9996

Nas análises de divergência morfométricas a configuração da distribuição dos grupos foi representada em um espaço bidimensional por facilitarem a visualização das similaridades entre as colônias, definidas por dois vetores canônicos (Figura 5), utilizando os escores das variáveis canônicas (médias canônicas) obtidas a partir das duas primeiras variáveis canônicas.

Figura 5 - Dispersão gráfica das colônias de *Apis mellifera* em relação a eixos cartesianos estabelecidos por variáveis canônicas (AVC1, AVC2) obtidas a partir de combinações lineares de características morfológicas

A partir da análise da validação cruzada com os dados convencionais das asas anteriores e corbículas foi possível verificar que a porcentagem de classificação dos indivíduos dentro de cada grupo alcançou apenas o valor de 30,7%. Representando a não significância das diferenças entre colônias, e demonstra que o tamanho da asa e corbícula nessas abelhas apresentam um fenótipo semelhante entre os indivíduos não contribuindo para a separação das colônias.

A análise gráfica para estudo padrão de similaridade entre as colônias nos permite verificar a proximidades e distância de cada colônia podendo ser observada a variação total disponível utilizando poucas variáveis. Segundo CRUZ e CARNEIRO

(2003) a análise de diversidade morfométrica por meio da dispersão gráfica em relação a eixos representados pelas variáveis canônicas é importante e facilita a compreensão dos resultados.

A dispersão existente entre as colônias em relação as duas ou mais variáveis canônicas pode ser apresentada por meio de medidas de dissimilaridade, como a distância generalizada de Mahalanobis. Esta medida é a mais adequada para a utilização com a técnica de variáveis canônicas por levar em consideração a matriz de variâncias e covariâncias (FONSECA et al., 2000).

A distância dos pontos é proporcional ao grau de dissimilaridade entre as colônias, A análise de agrupamento foi realizada considerando a matriz triangular da distância D^2 de Mahalanobis para dados morfométricos e os coeficientes foram agrupados pelo método UPGMA. A análise discriminante tem sido amplamente empregada em estudos com abelhas do gênero *Apis*, para separar populações de abelhas africanizadas de populações européias (RINDERER et al., 1993).

Segundo Cruz e Carneiro (2003), a técnica multivariada de quantificação de distância de Mahalanobis permite quantificar a importância relativa de caracteres para a diversidade genética, por meio da avaliação da contribuição destes para os valores de D^2 .

A partir da análise de agrupamento UPGMA para o tamanho da asa desta espécie (Figura 6), pode-se observar que não houve a formação de grupos distintos, conforme a distribuição geográfica das colônias, devido a ampla distribuição dessa espécie no Brasil e do alto nível de dispersão e cruzamento dos indivíduos.

Figura 6 - Dendrograma gerado por UPGMA ilustrando as distâncias morfométricas médias entre as colônias de *Apis mellifera* oriundas de diferentes localidades nas cinco regiões do Brasil

4.1.2 Morfometria geométrica

Nas análises populacionais de *A. mellifera* utilizando as asas, observou-se que a partir da sexta variável canônica foi possível explicar cerca de 76% da variação total existente entre as populações estudadas. Isso permite verificar que a *A. mellifera* é uma espécie capaz de se estabelecer eficientemente como populações silvestres em diferentes regiões, por possuir características como rápido desenvolvimento e fácil adaptação, além de que a sua ampla distribuição propicia a manutenção de um pool gênico (DALY e BALLING, 1978; DINIZ-FILHO et al., 2000), tornando os indivíduos parecidos entre si.

Nas análises de divergência morfométrica a configuração da distribuição dos grupos foi representada em um espaço bidimensional para facilitar a visualização das similaridades entre as colônias, definidas por dois vetores canônicos (Figura 7), utilizando os escores das variáveis canônicas (médias canônicas) obtidas a partir das duas primeiras variáveis.

Figura 7 - Dispersão gráfica das colônias de *Apis mellifera* em relação a eixos cartesianos estabelecidos por variáveis canônicas (AVC1, AVC2) obtidas a partir da forma das asas

A análise gráfica para estudo padrão de similaridade entre as colônias nos permite verificar as proximidades e distâncias de cada colônia podendo ser observada a variação total disponível utilizando poucas variáveis. Segundo Cruz e Carneiro (2003) é importante para análise a representação da diversidade morfométrica utilizando a dispersão gráfica, em relação a eixos representados pelas variáveis canônicas para facilitar a compreensão dos dados.

A análise multivariada apresentou diferenças significativas para a forma da asa e corbícula na comparação entre as colônias. Estudos realizados por Tan et al. (2006) demonstraram uma grande variação nas características morfométricas em abelhas *A. cerana* na China, variando em tamanho, pigmentação e pilosidade, associado a diversidade ecológica. Diniz-Filho et al. (2000) verificaram variações significativas das subespécies de *A. mellifera* entre populações locais na África observada pela sua ampla distribuição onde estão expostas a diferentes vegetações e climas. Resultado similar foi encontrado neste trabalho onde as diferentes regiões geográficas apresentam diferentes tipos de vegetação e clima, Güler et al. (2010) observaram uma alta variabilidade entre as subespécies *A. m. carnica* e *A. m. caucasica* utilizando morfometria geométrica da asa anterior em

diferentes regiões ecológicas, demonstrando assim, a eficácia do método para avaliar diferenças populacionais.

Foi possível constatar pela análise de agrupamento UPGMA (Figura 8) a partir da AVC, a formação de grupos distintos, por região, conforme a distribuição geográfica das colônias (Figura 9). Como observado por Tofilsky (2008) a morfometria geométrica é uma técnica adequada na discriminação de *A. mellifera*, além do fato de apresentar uma maior facilidade de interpretação dos dados comparando com muitas distâncias mensuradas, as grades de deformação identificam a região da asa que mais contribui mais para a discriminação.

A partir da validação cruzada com os dados das asas anteriores foi possível verificar a porcentagem de 62% de classificação dos indivíduos dentro de cada grupo. Isso demonstra que apesar das populações diferirem por região, o fenótipo ainda não apresenta um padrão bem estabelecido no Brasil. As similaridades existentes entre os indivíduos de *A. mellifera* podem ser influenciadas por atividades apícolas como a apicultura migratória, contribuindo para a deriva genética pela introdução de novas abelhas, alterando assim, as análises em uma ampla escala geográfica (DINIZ-FILHO e MALASPINA, 1995). Além do transporte de colônias, uma prática muito comum é a venda de rainhas entre apicultores, isso pode ter contribuído para algumas similaridades populacionais encontrada entre as abelhas *A. mellifera* no Brasil.

Na análise populacional utilizando a forma das corbículas de *A. mellifera*, a AVC foi significativa e a segunda variável já acumula 85% da variação total, onde a primeira variável canônica explica 75% e a segunda 10% da variação total. Embora a análise da AVC ser representativa com as duas primeiras variáveis para a forma da corbícula, na análise da validação cruzada foi possível verificar a porcentagem de 11,87% da classificação dos indivíduos dentro de cada grupo, revela que a forma da corbícula não apresenta diferenças significativas ao ponto de formar grupos distintos nas populações estudadas. A partir desses resultados sugere-se que a corbícula possui maiores restrições de variação de forma podendo ser devido a importante função no transporte de pólen, ou pelo fato do pequeno número de marcos anatômicos.

Figura 8 - Dendrograma gerado por UPGMA ilustrando as distâncias morfométricas médias entre as colônias de *Apis mellifera* oriundas de diferentes localidades nas cinco regiões do Brasil

Figura 9 - Representação gráfica no mapa do Brasil do agrupamento gerado por UPGMA, demonstrando a formação dos grupos nas diferentes regiões

A riqueza na estrutura espacial indica a diversidade de processos micro-evolucionários atuando na diferenciação populacional, embora é clara a dificuldade para determinar em detalhe esse processo, baseado em poucos caracteres que apresentam padrões espaciais complexos. Esta complexidade e mistura de processos são de fato esperados para populações naturais de abelhas Africanas, pelo longo período de tempo que a população natural está exposta a processos estocásticos como deriva local, isolamento pela distância e pelos diferentes agentes seletivos atuando através do continente com diferentes escalas de variação em tempo e espaço (DINIZ-FILHO et al. 2000), Souza et al. (2009) verificaram em

populações de *A. mellifera* a formação de 2 grupos distintos para as diferentes regiões geomorfológicas existente entre os indivíduos avaliados na Paraíba.

Foi verificado neste trabalho que a distribuição e a predominância é da abelha africanizada no Brasil, resultado que corrobora com o trabalho de Diniz-Filho e Malaspina (1995) que observaram a partir de dados morfométricos que há uma predominância de um componente africano nas populações de *A. mellifera* no país. Esses mesmos autores confirmaram que a abelha africanizada no Brasil é originada pela mistura durante a colonização inicial da abelha africana formando muitas populações com distintos níveis de hibridização entre as africanas e européias.

O pool gênico das africanas possui uma alta viabilidade e fertilidade, consequentemente uma alta habilidade de colonização em ambientes tropical e subtropical (RATNIEKS, 1991). Além disso, os híbridos com um alto componente africano associado a capacidade de colonização apresenta uma rápida dispersão e aumento populacional, além da migração, o que contribui na manutenção do forte componente Africano (DINIZ-FILHO e MALASPINA, 1995; GARCIA e COUTO, 2005). No processo de expansão, as abelhas podem ter formado um gradiente no qual as populações apresentam graus diferentes de perda da característica européia adquiridas durante a fase inicial da mistura racial. Essa perda deve ter sido favorecida pela maior pressão seletiva em favor do pool africano existente na colonização (RATNIEKS, 1991). As raças provenientes da África apresentam características comuns de adaptabilidade, como atividade forrageira crepuscular, capacidade de alojar-se em locais abertos, migração para regiões com fontes mais ricas em alimento, estratégias para fugir de predadores com vôos rápidos e minimização dos períodos sem rainha (FLETCHER, 1978).

Após 16 anos do estudo morfométrico realizado com *A. mellifera* por Diniz-Filho e Malaspina (1995) e com a intensidade de africanização da no Brasil, sua ampla distribuição e facilidade de nidificação, ainda podemos verificar que esta espécie possui diferenças morfométricas a partir da forma das asas, apresentando um padrão geográfico por região, o que evidencia a viabilidade dessa estrutura na análise de distribuição populacional. Esses resultados corroboram com dados avaliados por Diniz-Filho et al. (2000), que observaram a similaridade populacional diminuir com o aumento da distância geográfica. Essas diferenças podem estar associadas à vegetação diversificada, aos diferentes tipos de clima e relevo encontrado no país (IBGE 2004), além do fato de possuir uma extensa área

territorial, fazendo com que processos microevolutivos possam atuar em diferentes ecorregiões gerando novos padrões de diferenciação, posteriores a onda de africanização.

Neste estudo a comparação das populações de *A. mellifera* foi realizada utilizando a morfometria convencional e geométrica, diferentemente do trabalho realizado por Diniz-Filho e Malaspina (1995) que utilizaram apenas morfometria tradicional. Pode-se verificar que a morfometria geométrica é mais eficaz e precisa para avaliar distribuição populacional comparando-se com a convencional. A morfometria convencional apresenta redundâncias em algumas variáveis e a morfometria geométrica é mais fácil de interpretar e verificar qual a maior fonte de variação (TOFILSKI, 2008). Segundo Rohlf e Marcus (1993) as novas abordagens morfométricas são mais efetivas na captura de informações sobre a forma de um organismo e resulta em um poder maior de procedimentos estatísticos, além de possibilitar ao pesquisador visualizar diferenças de formas, medidas de distância utilizando as coordenadas e realizar análises estatísticas uni e multivariadas. Com a morfometria tradicional não é possível verificar a variação de forma com uma matriz de dados de medidas de distância e os resultados são apenas demonstrados numericamente.

4.2 Análise de assimetria

4.2.1 Assimetria para o tamanho

O efeito da ANOVA para o tamanho das asas utilizando o tamanho do centróide não foi significativo apenas para as populações de União Vitória-PR, Rolim de Moura-RO (ambientes com baixo grau de antropização), Maringá-PR, e Piracicaba-SP (ambientes altamente antropizado) (ANEXO A). As demais localidades apresentaram diferenças significativas no tamanho das asas, na diferença entre os lados direitos e esquerdos (D-E) e no efeito da interação lado X indivíduo. Essas diferenças entre os indivíduos representam uma variação individual do tamanho, demonstrando que essas populações de *A. mellifera* apresentam AF.

No efeito da ANOVA para o tamanho das corbículas, a diferença entre os lados direitos e esquerdos (D-E), não foi significativo apenas para as populações de Pacatuba-SE, União Vitória-PR (ambiente com baixo grau de antropização),

Aquidauana-MS e Rolim de Moura-RO (ambiente altamente antropizado) (ANEXO B). A análise do tamanho de algumas estruturas podem apresentar restrições para avaliar a assimetria (SCHNEIDER et al., 2003), podendo não ser um bom indicador para a análise de assimetria em abelhas. Para as demais localidades, foram observadas diferenças significativas entre os indivíduos e no efeito da interação lado X indivíduo no tamanho do centróide, representando uma variação individual do tamanho, demonstrando que essas populações apresentam AF para as corbículas.

Na análise convencional prévia utilizando as repetições de medição por indivíduo, verificou-se a necessidade da eliminação das medidas N2 (nervura 2), N7 (nervura 7) e LC (largura da corbícula) na AF, devido a constatação que essas medidas apresentaram um valor do erro foi maior que a diferença entre os lados dos indivíduos. Assim, para ter uma maior precisão dos dados e valores reais de variação assimetria esses dados foram eliminados das análises.

Foi possível constatar no efeito da ANOVA para o tamanho das asas e corbículas calculado para cada nervura, distâncias de tamanho e largura, que não apresentaram significância para a assimetria a nervura LR (largura da célula radial) nas localidades com baixo grau de antropização em Aquidauana-MS e Rolim de Moura-RO e para os indivíduos localizados na região altamente antropizada em Maringá-PR e Rolim de Moura-RO (ANEXO C), essas nervuras não deve ter sofrido algum tipo de estresse durante o desenvolvimento dos indivíduos. O efeito da ANOVA para o tamanho das corbículas não foi significativo apenas para as populações de Pacatuba-SE, Aquidauana-MS, Rolim de Moura-RO (ambiente altamente antropizado) e União Vitória-PR.

Del Lama et al. (2002) constataram que o número de hâmulos não diferem do lado direito e esquerdo, bem como não há diferenças significativas entre o número de hâmulos de abelhas européias e africanizadas, não apresentando uma correlação significativa entre a variância dos desvios (D-E) e a heterozigosidade média das colônias africanizadas.

Clarke e Oldroyd (1996) encontraram diferenças significativas na assimetria de tamanho entre machos e operárias de *A. mellifera*, observaram que alguns caracteres não apresentam uma correlação significativa no tamanho e constataram também, que normalmente o tamanho da asa dos insetos está correlacionado com o tamanho total do corpo, assim é possível que genótipos idênticos apresentem diferenças associadas à utilização de recursos nutricionais e diferentes condições

ambientais. Clarke et al. (1992) também observaram a presença de assimetria para tamanho entre machos e fêmeas de *A. mellifera* e confirmaram que o endocruzamento não tem efeito na estabilidade do desenvolvimento desta espécie, e que neste sistema haplo-diplóide o nível de heterozigosidade não parece ser um fator importante na estabilidade do desenvolvimento. Resultado similar foi encontrado por Del Lama et al, (2002) avaliando o número de hâmulos.

Os resultados do tamanho das asas e corbículas do presente trabalho demonstram a presença de assimetria direcional. Resultado similar foi encontrado por Schneider et al. (2003) avaliando populações híbridas e puras de *A. mellifera* de origem européia e africana, Outros estudos avaliando o tamanho da asa de insetos constataram a presença de assimetria direcional em pelo menos 47 espécies, revelando que esse tipo de assimetria é comum entre os insetos (PÉLABON e HANSEN, 2008).

4.2.2 Assimetria para a forma

Quanto a forma das estruturas estudadas, todos os efeitos na ANOVA foram significativos nas populações estudadas tanto para a asa quanto para a corbículas (ANEXO D e E). Verificou-se que a forma da asa e das corbículas é mais indicada para estudos de assimetria, por aparentemente, serem mais influenciadas pelo ambiente comparando-se com o tamanho, Segundo Leary e Allendorf (1989) uma única característica pode fornecer um bom índice de estresse sofrido durante o desenvolvimento dos indivíduos. Em todas as populações houve diferenças significativas entre os lados direito e esquerdo, bem como na interação lado X indivíduo o que sugere uma assimetria direcional e apresenta uma assimetria flutuante respectivamente.

Os resultados obtidos corroboram com os de Smith et al. (1997) que avaliando a forma da asa de *A. mellifera*, constataram a presença de assimetria flutuante e direcional. Acredita-se que a assimetria direcional seja mais comum do que se espera, e sugerem estar relacionado com a posição da larva, pré-pupa e pupa na célula de cria.

Quanto a herdabilidade da forma, observou-se que para asa foi de $h^2 = 33\%$ e para corbícula de $h^2 = 17\%$ com erro padrão de $h^2 = 0,002$ e $h^2 = 0,0008$, respectivamente. Monteiro et al. (2002) estimaram a herdabilidade para forma da

asa anterior em *A. mellifera* e encontraram valores de $h^2 = 0,2935$, similar ao obtido neste trabalho. A AF é uma variação aleatória que está relacionada ao ambiente (PALMER, 1994), possuindo uma base genética ainda desconhecida com herdabilidade próxima a zero (LEAMY e KLINGENBERG, 2005). A herdabilidade de um traço é um parâmetro que varia no tempo e no espaço, e a baixa herdabilidade pode ser um indicativo de forte restrição no desenvolvimento e evolução da forma (MONTEIRO, et al., 2002).

Na interação realizada com as asas para verificar a presença de AF nas colônias das diversas localidades, o nível de assimetria em regiões com baixo grau de antropização, as populações de Cassilândia-MS, Itapiúna-CE e Rio Claro-SP apresentaram maior valor de AF, que as colônias coletadas em áreas altamente antropizadas nas mesmas regiões. Porém, nas demais localidades as colônias coletadas em ambientes tidos como contaminados apresentaram maior nível de AF (Figura 10).

Utilizando os dados das corbículas, a interação entre as colônias nas diversas localidades apresenta maior nível de AF entre as populações das regiões com baixo grau de antropização Itapiúna-CE, Rolim de Moura-RO e Erval Seco-RS comparadas com as colônias coletadas em áreas altamente antropizadas nas mesmas regiões, Porém nas demais localidades as colônias coletadas em ambientes altamente antropizados apresentaram maior nível de AF (Figura 11).

Figura 10 - Interação da presença de assimetria flutuante para a asa de *Apis mellifera* nos diferentes localidades de coleta, onde P são áreas que possuem baixo grau de antropização e C ambientes altamente antropizados

Figura 11 - Interação da presença de assimetria flutuante para a corbícula de *Apis mellifera* nos diferentes localidades de coleta, onde P são áreas que possuem baixo grau de antropização e C ambientes altamente antropizados

Apesar da presença de simetria bilateral do corpo, frequentemente animais 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 e HANSEN, 2008).

Nas análises realizadas com as asas e as corbículas, independente da região onde foram coletadas as abelhas (com alto ou baixo grau de antropização) verifica-se que há a presença de assimetria flutuante. Verificou-se que a forma das asas e corbículas são mais sensíveis ao ruído no desenvolvimento comparando-se com as medidas de tamanhos dos mesmos indivíduos nas mesmas localidades. Essa assimetria pode estar sendo ocasionada por diversos fatores ambientais que geram ruídos no desenvolvimento. Nas colônias coletadas em ambientes pouco antropizados (indivíduos coletados em fragmentos de matas), esse fator pode ser a causa que esteja influenciando na presença de assimetria. Estudos realizados por Lens et al. (1999) com espécies de pássaros localizados em fragmentos de mata, comparando-os com os de museus coletados há mais de 50 anos, verificaram o aumento da AF decorrente ao nível de fragmentação das florestas, isto é, a fragmentação de matas pode ocasionar um estresse nesses organismos e afetar seu desenvolvimento. Fato similar deve estar acontecendo com as populações de abelhas coletadas em ambientes tidos como preservados.

Algumas amostragens foram realizadas próximos a culturas onde ocorre a aplicação de inseticida, e segundo estudos realizados por Abaga et al. (2011), um alto nível de instabilidade do desenvolvimento em *A. mellifera* foi significativamente associada com tratamentos de inseticidas em áreas de algodão. Os autores verificaram que o índice de assimetria flutuante no comprimento do tarso foi aumentado em abelhas quando expostas a inseticidas, inferindo que AF pode ser considerada como um biomarcador refletindo o estresse induzido por tratamentos com inseticidas. Outro fator que pode contribuir para a existência da AF é o fato de que todos os indivíduos foram coletados em apiários e o manejo pode gerar alterações nos comportamento, gerando estresse. Como as colônias de abelhas africanizadas parecem viver em constante alerta para defender o ninho, o apicultor aplica fumaça na colônia a fim de mantê-las sob “controle” enquanto faz o manejo (MICHENER, 1975).

Uma área com um maior grau de antropização pode aumentar a assimetria flutuante, mas como existem diferentes tipos de antropização, nem sempre a interferência humana implicará diretamente no estresse das colônias. Foi possível verificar que de todas as 16 localidades amostradas, a maioria das colônias coletadas em ambientes altamente antropizados apresentaram maior assimetria que as coletadas em ambientes com baixo grau de antropização. Fatores ambientais, localização do apiário e o manejo podem ter influenciado diretamente nos resultados encontrados. Mesmo com a presença de assimetria no tamanho e forma das asas e corbículas de *A. mellifera* verifica-se que essa assimetria não é suficiente para causar danos ou diminuição de produtividade da colônia. Segundo Palmer (1996) a assimetria existe em diferentes escalas e tecnicamente todas as estruturas serão assimétricas em algum nível de medida.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, avaliando a distribuição populacional e a assimetria flutuante das asas e corbículas de *Apis mellifera* conclui-se que:

- A distância geográfica favorece as divergências entre as populações de *Apis mellifera* provenientes das 5 regiões do Brasil.
- A assimetria flutuante na forma das asas e das corbículas de *Apis mellifera* é evidenciada no Brasil.
- A forma da asa e das corbículas é mais indicada para estudo de assimetria que o tamanho.
- Colônias coletadas em ambientes altamente antropizados apresentam maior assimetria comparando-se com as coletadas em ambientes com baixo grau de antropização.
- Análises utilizando a morfometria geométrica, tanto para distribuição populacional como na assimetria flutuante, apresentam resultados mais significativos e precisos do que a morfometria convencional.

REFERÊNCIAS

- ABAGA, N.O.Z.; ALIBERT, P.; DOUSSET, S.; SAVADOGO, P.W.; SAVADOGO, M.; SEDOGO, M. Insecticide residues in cotton soils of Burkina Faso and effects of insecticides on fluctuating asymmetry in honey bees (*Apis mellifera* Linnaeus). **Chemosphere**, Oxford, v.83, n. 4, p. 585–592, Apr. 2011.
- BITNER-MATHÉ, B.C.; PEIXOTO, A.A. e KLACZKO, KL.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.
- BRÜCKNER, D. The Influence of Genetic Variability on Wing Symmetry in Honeybees (*Apis mellifera*). **Evolution**, Lancaster, v. 30, n. 1, p. 100-108, Mar. 1976.
- CLARKE, G.M.; OLDROYD, B.P.; HUNT, P. The genetic basis of developmental stability in *Apis mellifera*: Heterozygosity versus Genic Balance. **Evolution**, Lancaster, v. 46, p.753-762, Jun. 1992.
- CLARKE, G.M.; OLDROYD, B.P. The genetic basis of developmental stability in *Apis mellifera* II.Relationships between character size, asymmetry and single-locus heterozygosity. **Genetica**, Netherlands, v.97, p. 211-224, 1996.
- CORNELISSEN T.; STILING P. Perfect is best: low leaf fluctuating asymmetry reduces herbivory by leaf miners. **Oecologia**, Berlin, v.142, p.46–56, Sep. 2005.
- COUTO, L.A. Nutrição de abelhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 1998, Salvador. **Anais...** Salvador, BA: Confederação Brasileira de Apicultura, 1998, p.92-95.
- CREMONEZ, T.M. **Avaliação de métodos para determinação da eficiência de dietas protéicas em abelhas *Apis mellifera***. 1996. 103p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1996.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos Biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, v. 2, 2003. 585p.
- DALY, H.V.; BALLING, S.S. Identification of Africanized Honeybees in the Western Hemisphere by Discriminant Analysis. **Journal of the Kansas Entomological Society**, Manhattan, v.51, n. 4, p. 857-869, Oct. 1978.
- DEL LAMA, M.A.; GRUBER, C.V.; GODÓY, I.C. Heterozigosidade e assimetria do número de hâmulos em operárias adultas de *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 46, n. 4, 2002.
- DIAS, L.A.S. **Análises multidimensionais**. In: Alfenas A.C. (Ed). Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins. Viçosa, UFV, 1998. p. 405-473.
- DINIZ-FILHO, J.A.F.; BINI, L.M. Space-free correlation between morphometric and climatic data: a multivariate analysis of Africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) in

Brazil. **Global Ecology and Biogeography Letters**, Oxford, v.4, p.195-202, Nov. 1994.

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.

DINIZ-FILHO, J.A.F.; HEPBURN, H.R.; RADLOFF, S.; FUCHS, S. Spatial analysis of morphological variation in African honeybees (*Apis mellifera* L.) on a continental scale. **Apidologie**, Versailles, v.31, n.2, p. 191–204, March/April. 2000.

FALCONER, D.S. Introduction of quantitative genetics. Halow, Longman Sci e Tech, 3rd ed. 1989. 438p.

FLETCHER, D.J.C. The African bee, *Apis mellifera adansonii* in Africa. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 23, p.151-71, Jan. 1978.

FONSECA, R.; PIRES, A.V.; LOPES, P.S.; TORRES, R.A.; EUCLYDES, R.F. Estudo da divergência genética entre raças suínas utilizando técnicas de análise multivariada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte ,v.52, n.4 p. 403-409, Aug. 2000

FRANCOY, T.M.; PRADO, P.R.R.; GONÇALVES, L.S.; COSTA, L.F.; DE JONG, D. 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.; DE JONG, D.; GONÇALVES, L.S. Identification of Africanized honey bees through wing morphometrics: two fast and efficient procedures. **Apidologie**, Versailles, v.39, p. 1-7, Oct. 2008.

FRANCOY, T.M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. A morfometria geométrica de asas e a identificação automática de espécies de abelhas. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 317-321, 2010.

FRIEß, 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.

FREE, J.B. A organização social das abelhas (*Apis*). São Paulo: EDUSP, 1980. 78p. (Temas de Biologia, 13).

FULLER, R.C.; HOULE, D. Inheritance of developmental instability. In: POLAK, M. (Ed.). **Developmental Instability: causes and consequences** . Oxford:Oxford University Press, 2002. p. 157 – 183.

GARAY, I.E.G.; DIAS, B.F.S. **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais**: avanços conceituais e revisão de novas metodologias e monitoramento. Petrópolis: Editora Vozes, 2001. 430p.

GARCIA, R.C.; COUTO, R.H.N. Produção de geléia real por abelhas *apis mellifera* italianas, africanizadas e descendentes de seus cruzamentos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.27, n.1, p.17-22, Jan/March. 2005.

GONÇALVES, L.S. 50 anos de abelhas africanizadas no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 16., 2006. Aracajú. **Anais...** Aracajú: CBA, 2006. 1 CD-ROM

GOTTHARD, K; S. NYLIN. Adaptative plasticity and plasticity as an adaptation: a selective review of plasticity in animal morphology and life history. **Oikos** Copenhagen, v. 74, p. 3-17, Oct. 1995.

GÜLER, A.; BEK, Y.; GUVEN, H. The importance of morphometric geometric on discrimination of carniolan (*Apis mellifera carnica*) and caucasian (*Apis mellifera caucásica*) honey bee subspecies and in determining their relationship to thrace region bee genotype. **Journal of the Kansas Entomological Society**. Manhattan, v. 83, n.2, p. 154-162, Apr. 2010.

HEPBURN, R.; NEUMANN, P. RADLOFF S.E. Genetic variation in natural honey bee populations, *Apis mellifera capensis*. Short Communication. **Naturwissenschaftler** v.91, n.9, p.447-450, Sep. 2004.

IBGE. Mapas de Biomas e Vegetação. Comunicação Social, 21 de maio de 2004. Disponível em:
<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>
Acesso: 17 nov. 2011.

KANEGAE, A.P.; LOMÔNACO, C. Plasticidade Morfológica, Reprodutiva e Assimetria Flutuante de *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) sob Diferentes Temperaturas. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.32, n.1, p.37-43, Jan- Mar, 2003.

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

KLINGENBERG, C.P.; McINTYRE, G.S. Geometric morphometrics of developmental instability: analyzing patterns of fluctuating asymmetry with Procrustes methods. **Evolution**, Lancaster, v. 52, p.1363-1375, 1998.

LEAMY, L.J.; KLINGENBERG, C.P. The genetics and evolution of fluctuating asymmetry. **Annual Reviews of Ecology, Evolution and Systematics**, Palo Alto, v.36, p. 1-21, July 2005.

LEARY, R.F.; ALLENDORF, F.W. Fluctuating asymmetry as an indicator of stress: Implications for conservation biology. **Trends in Ecology & Evolution**, Amsterdam, v. 4, p.214-217, July 1989.

LEMPA, K.; MARTEL, J.; KORICHEVA, J.; HAUKIOJA, E.; OSSIPOV, V.; OSSIPOVA, S.; PIHLAJA, K. Covariation of fluctuating asymmetry, herbivory and chemistry during birch leaf expansion. **Oecologia**, Berlin, v.122,p. 354-360, Feb. 2000.

LENS, L.; DONGEN, S.; WILDER, C. M.; BROOKS, T.M.; MATTHYSEN, E. Fluctuating asymmetry increases with habitat disturbance in seven bird species of a fragmented afrotropical forest. **The Royal Society**, London, v.266, p. 1241 – 1246, June 1999.

LOMÔNACO, C.; GERMANOS, E. Variações fenotípicas em *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) em resposta à competição larval por alimento. **Neotropical Entomology** Londrina, v.30, p.223-231, Jun. 2001.

MANLY, B.F.J. **Randomization and Monte Carlo methods in biology**. London: Chapman and Hall, 1991. 281p.

MAYER, D.F. Apple pollination. **American Bee Journal**, Hamilton v.123, n.4, p.272-273, 1983

MARKOW, T.A.; RICKER, J.P. Male size, developmental stability, and mating success in natural populations of three *Drosophila* species. **Heredity**, London, v. 69, p.122–127, Aug. 1992.

MARKOW, T.A. Evolutionary ecology and developmental instability. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.40, p.105–120, 1995.

McGREGOR, S.E. **Insect pollination of cultivated crop plants**. Washington: Agriculture Handbook, 1976. 411p.

MICHENER, C.D. The brazilian bee problem. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 20, p. 399-416, Jan. 1975.

MOLLER A.P.; POMIANKOWSKI, A. Fluctuating asymmetry and sexual selection. **Genética**, cidade, v.89, p.267-279, Feb. 1993.

MONTEIRO, L.R.; REIS, S.F. **Princípios de morfometria geométrica**. Ribeirão Preto: Holos, 1999. 188p.

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

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.

OLIVEIRA-JR, W.P.; BRANDEBURGO, M.A.M.; MARCOLINO, M.T. Morphometrics and adaptatives aspects in africanized honeybees (*Apis mellifera*). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 60, n. 2, p.307-314, May 2000.

PALMER, A.R. Fluctuating Asymmetry Analyses: A Primer. In: MARKOW, T.A. (Ed.). **Developmental instability: its origins and evolutionary implications**. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1994. p. 335–364.

PALMER, A.R. Waltzing with Asymmetry: Is fluctuating asymmetry a powerful new tool for biologists or just an alluring new dance step? **BioScience**, Califórnia, v. 46, n. 7, p. 518-532, Jul – Aug. 1996.

PALMER, R.A.; STROBECK, C. Fluctuating asymmetry: measurement analysis, patterns. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto- USA, v. 17, p. 391-421, Nov. 1986.

PALMER, R.A.; STROBECK, C. **Fluctuating asymmetry analyses revisited**. In: POLAK, M.(Ed.) **Developmental instability (DI): causes and consequences**. Oxford: University Press, 2003. p. 279-319.

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.

PARSONS, P.A. Fluctuating asymmetry: a biological monitor of environmental and genomic stress. **Heredity**, London, v.68, p.361–364, 1991.

PARSONS, P.A. Fluctuating asymmetry: a biological monitor of environmental and genomic stress. **Heredity**, London, v.68, p.361-364, Apr. 1992.

PÉLABON, C.; HANSEN, T.F. On the adaptative accuracy of directional asymmetry in insect wing size. **Evolution**, Lancaster, v.62, n.11, p. 2855-2867, Aug. 2008.

PIRES, A.V.; CARNEIRO, P.L.S.; TORRES-FILHO, R.A.; FONSECA, R.; TORRES, R.A.; EUCLYDES, R.F.; LOPES, P.S.; BARBOSA, L. Estudo da Divergência genética entre seis linhas de aves Legorne utilizando técnicas de análise multivariada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 54 n. 3, p.390-395, June 2002.

POLAK, M. R.; OPOKA, R.; CARTWRIGHT, I. L. Response of fluctuating asymmetry to arsenic toxicity: support for the developmental selection hypothesis. **Environmental Pollution**, London, v. 118, p. 19-28, June 2002.

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**, cidade, USA v.44, p.113–121, May 2005.

RATNIEKS, F.L.W. **Africanized bees**: Natural selection for colonizing ability. In SPIVAK, M. citar todos et al. (Ed.). *The “African” Honey Bee*. Boulder, Colorado :Westview Press,. 1991. p. 119-136.

REGINATO, R.O.; CRUZ-LANDIM, C. Ovarian growth during larval development of queen and worker of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae), a morphometric and histological study. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 63, n.1, p.121-127, Aug. 2003.

REIS, S.F. Morfometria e estatística multivariada em biologia evolutiva. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba v.5, n.4 p. 571-580, 1988.

RINDERER, T.E.; BUCO, S.M.; RUBINK, W.L.; DALY, H.V.; STELZER, J.A.; RIGGIO, R.M.; BAPTISTA, F.C. Morphometric identification of Africanized and European honey bees using large reference populations. **Apidologie**, Versailles, v.24, n. 1, p.569-585, 1993.

ROHLF, F.J. On applications of geometric morphometrics to studies of ontogeny and phylogeny. **Systematic Biology**, Oxford, v.47, p.147–158, Mar. 1998.

ROHLF, F.J.; MARCUS, L.F. A revolution in morphometrics. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v.8, p.129-132, April 1993.

SANFORD, M.T. Protein management: the other side of the nutritional colony in apiculture. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 11., 1996, Teresina. **Anais...** Teresina, PI: Confederação Brasileira de Apicultura, 1996. p.51-57.

SCHEINDER, S.M. Genetics and evolution of phenotypic plasticity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto- USA, v. 24, p. 35-68, Nov. 1993.

SCHNEIDER, S.S; LEAMY, L.J.; LEWIS, L.A.; HOFFMAN, G.D. The influence of hybridization between African and European Honeybees, *Apis mellifera*, on asymmetry in wing size and shape. **Evolution**, Lancaster, v.57, n.10, p. 2350 - 2364, Oct. 2003.

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, R.N. ;MONTEIRO, V.N.; ALCANFOR, J.D.X.; ASSIS, E.M.; ASQUIERI, E.R. Comparação de métodos para a determinação de açúcares redutores e totais em mel. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.3, p.337-341, set-dez, 2003.

SILVA, J. C.; MESSAGE, D.; CRUZ, C.D.; SILVA, M.V.G.B. Aplicação de Análises Multivariadas para Determinação de Casta de Abelhas *Apis mellifera* L. (Africanizadas), obtidas em laboratório. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.2, p. 567-572, 2005.

SILVA, D. P. VITAL, M.V.C. DE MARCO, P.Jr. Assimetria flutuante como ferramenta de bioindicação: os efeitos da cidade de Manaus (AM) sobre *Erythemis peruviana* (RAMBUR, 1842) (Insecta: Odonata) junto à bacia do Rio Amazonas. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007, Caxambu-MG. **Anais...** Caxambu-MG, 2007 p. 1-2.

SINGH, R.P.; SINGH, P.N. Amino acid and lipid spectra of larvae of honey bee (*Apis cerana* Fabr) feeding on mustard pollen. **Apidologie**, Versailles, v. 27, n.1, p. 21-28, 1996.

SMITH, D.R.; CRESPI, B.J.; BOOKSTEIN, F.L. Fluctuating asymmetry in the honey bee, *Apis mellifera*: effects of ploidy and hybridization. **Journal of Evolutionary Biology**, Basel, Suíça, v.10, p. 551-574, July 1997.

SOUZA, D.L.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; RIBEIRO, M.N.; PADILLA-ÁLVAREZ, F. FARIAS, E.S.L.; PEREIRA, W.E. Análises morfométricas entre *Apis mellifera* da microrregião do sertão Paraibano. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba v.58 n.221, p. 65-71, Mar. 2009.

SWADDLE, J.P.; WITTER, M.S.; CUTHILL, I.C. et al. The analysis of fluctuating asymmetry. **Animal Behaviour**, London, v. 48, p. 986-989, May 1994.

TAN, K.; MEIXNER, M.D.; FUCHS, S. ZHANG, X.; HE, S.; KANDEMIR, I.; SHEPPARD, W.S.; KOENIGER, N. Geographic distribution of the eastern honey bee, *Apis cerana* (Hymenoptera: Apidae), across ecological zones in China: morphological and molecular analysis. **Systematics and Biodiversity**, Cambridge, v.4, n. 4, p. 473-482, Nov. 2006.

THORP, R.W. Structural behavioral and physiological adaptation of bee (Apoidea) for collecting pollen. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, Saint Louis, v.66, p. 788-812, 1979.

TOFILSKY, A. Using geometric morphometrics and standard morphometry to discriminant three honeybee subspecies. **Apidologie**, Versailles, v.38 p. 538-563, Sep.–Oct. 2008.

UENO, H. Fluctuating asymmetry in relation to two fitness components, adult longevity and male mating success in a ladybird beetle, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) **Ecological Entomology**, London, v.19, p.87-88, Feb. 1994.

VIA, S.; GOMULKIEWICZ, R.; DE JONG, G.; SCHEINER, S.M.; SCHLICHTING, C.D.; TIENDEREN, P.H.V. Adaptive phenotypic plasticity: consensus and controversy. **Trends in Ecology & Evolution**, Saint Louis, v. 10, n. 5, May. 1995.

VIA, S.; LANDE, R. Genotype-environment interaction and the evolution of phenotypic plasticity. **Evolution**, Lancaster, v.39, p.505–522, May. 1985.

WINSTON, M.L. **A biologia da abelha**. Tradução de Carlos A. Osowski. Magister. Porto Alegre. 2003. 276 p.

WOODS, W.B. Handed asymmetry in nematodes. **Seminars in Cell & Developmental Biology**, London, v.9, p.53-60, Feb.1998.

ANEXOS

ANEXO A - Análise de variância do tamanho da asa de *Apis mellifera*
Ambientes pouco antropizados

Efeito	GL	SQ	QM	F
União Vitória-PR				
Lado	99	9,644	9,644	2,03 ^{ns}
Indivíduo	1	4,690	4,737	1,00 ^{ns}
Lado X Indivíduo	99	4,694	4,741	0,99 ^{ns}
Erro	200	9,578	4,789	
Rolim de Moura-RO				
Lado	99	9,508	9,508	1,00 ^{ns}
Indivíduo	1	9,490	9,586	0,99 ^{ns}
Lado X Indivíduo	99	9,487	9,582	4,142 ^{***}
Erro	200	0,462	0,002	
Cassilândia-MS				
Lado	99	0,056	0,056	97,87 ^{***}
Indivíduo	1	2,734	0,028	48,32 ^{***}
Lado X Indivíduo	99	0,056	0,000	
Itapiúna-CE				
Lado	99	0,073	0,073	143,49 ^{***}
Indivíduo	1	3,396	0,034	67,41 ^{***}
Lado X Indivíduo	99	0,050	0,000	
Aquidauana-MS				
Lado	99	0,077	0,077	109,38 ^{***}
Indivíduo	1	2,525	0,025	35,99 ^{***}
Lado X Indivíduo	99	0,070	0,000	
Pacatuba-SE				
Lado	99	0,081	0,081	124,25 ^{***}
Indivíduo	1	2,123	0,021	32,88 ^{***}
Lado X Indivíduo	99	0,064	0,000	
Eral Seco-RS				
Lado	99	0,069	0,069	157,71 ^{***}
Indivíduo	1	1,909	0,019	43,95 ^{***}
Lado X Indivíduo	99	0,043	0,000	
Rio Claro-SP				
Lado	99	0,057	0,057	79,78 ^{***}
Indivíduo	1	2,683	0,027	37,99 ^{***}
Lado X Indivíduo	99	0,071	0,000	

*** < 0,001; ns > 0,05

ANEXO A - Análise de variância do tamanho da asa de *Apis mellifera*
Ambientes com alto grau de antropização

Efeito	GL	SQ	QM	F
Maringá-PR				
Lado	99	5,927	5,927	0,96 ^{ns}
Indivíduo	1	6,112	6,174	1,00 ^{ns}
Lado X Indivíduo	99	6,117	6,179	1,00 ^{ns}
Erro	200	1,235	6,176	
Rolim de Moura-RO				
Lado	99	0,127	0,127	108,60***
Indivíduo	1	6,206	0,063	53,72***
Lado X Indivíduo	99	0,115	0,001	9,49***
Erro	200	0,024	0,000	
Cassilândia-MS				
Lado	99	0,041	0,041	84,31***
Indivíduo	1	3,333	0,034	69,26***
Lado X Indivíduo	99	0,048	0,000	
Fortaleza-CE				
Lado	99	0,047	0,047	59,61***
Indivíduo	1	4,085	0,041	51,92***
Lado X Indivíduo	99	0,079	0,000	
Aquidauana-MS				
Lado	99	0,080	0,080	111,44***
Indivíduo	1	3,780	0,038	52,87***
Lado X Indivíduo	99	0,071	0,000	
Riachuelo-SE				
Lado	99	0,097	0,097	142,50***
Indivíduo	1	3,442	0,035	51,10***
Lado X Indivíduo	99	0,067	0,000	
Ubiratã-PR				
Lado	99	0,062	0,062	105,34***
Indivíduo	1	2,966	0,030	50,58***
Lado X Indivíduo	99	0,058	0,000	
Piracicaba-SP				
Lado	99	4,613	4,613	1,00 ^{ns}
Indivíduo	1	4,584	4,629	1,00 ^{ns}
Lado X Indivíduo	99	4,583	4,630	

*** < 0,001; ns > 0,05

ANEXO B - Análise de variância do tamanho da corbícula de *Apis mellifera*
Ambientes pouco antropizados

Efeito	GL	SQ	QM	F
União Vitória-PR				
Lado	99	3,553	3,553	5,23 ^{ns}
Indivíduo	1	6,729	6,797	1,00 ^{ns}
Lado X Indivíduo	99	6,728	6,796	0,96 ^{ns}
Erro	200	1,416	7,080	
Rolim de Moura-RO				
Lado	99	0,053	0,053	24,90***
Indivíduo	1	2,108	0,021	9,98***
Lado X Indivíduo	99	0,211	0,002	2,81***
Erro	200	0,152	0,000	
Cassilândia-MS				
Lado	99	0,007	0,007	10,39***
Indivíduo	1	0,816	0,008	12,05**
Lado X Indivíduo	99	0,068	0,000	
Itapiúna-CE				
Lado	99	0,075	0,075	66,53***
Indivíduo	1	1,247	0,013	11,17***
Lado X Indivíduo	99	0,112	0,001	
Aquidauana-MS				
Lado	99	0,026	0,026	57,28***
Indivíduo	1	0,757	0,008	16,72***
Lado X Indivíduo	99	0,045	0,000	
Pacatuba-SE				
Lado	99	2,612	2,612	1,01 ^{ns}
Indivíduo	1	2,564	2,590	1,00 ^{ns}
Lado X Indivíduo	99	2,565	2,591	
Ervál Seco-RS				
Lado	99	0,007	0,007	8,28***
Indivíduo	1	0,589	0,006	7,45**
Lado X Indivíduo	99	0,079	0,000	
Rio Claro-SP				
Lado	99	0,031	0,031	44,84***
Indivíduo	1	1,158	0,012	16,49***
Lado X Indivíduo	99	0,070	0,000	

** < 0,01 ; *** < 0,001; ns >0.05

ANEXO B - Análise de variância do tamanho da corbícula de *Apis mellifera*
Ambientes com alto grau de antropização

Efeito	GL	SQ	QM	F
Maringá-PR				
Lado	99	0,113	0,113	47,55
Indivíduo	1	2,444	0,025	10,38
Lado X Indivíduo	99	0,235	0,002	2,53
Erro	200	0,188	0,000	
Rolim de Moura-RO				
Lado	99	1,230	1,230	3,08 ^{ns}
Indivíduo	1	3,961	4,001	1,00 ^{ns}
Lado X Indivíduo	99	3,960	4,000	0,98 ^{ns}
Erro	200	8,165	4,083	
Cassilândia-MS				
Lado	99	0,029	0,029	28,79***
Indivíduo	1	0,874	0,009	8,72***
Lado X Indivíduo	99	0,100	0,001	
Fortaleza-CE				
Lado	99	0,047	0,047	60,78***
Indivíduo	1	1,508	0,015	19,57***
Lado X Indivíduo	99	0,077	0,000	
Aquidauana-MS				
Lado	99	0,042	0,042	7,38 ^{ns}
Indivíduo	1	0,581	0,006	1,05**
Lado X Indivíduo	99	0,554	0,006	
Riachuelo-SE				
Lado	99	0,010	0,010	20,67***
Indivíduo	1	1,148	0,011	23,01***
Lado X Indivíduo	99	0,050	0,000	
Ubiratã-PR				
Lado	99	0,034	0,034	33,33***
Indivíduo	1	0,968	0,010	9,59***
Lado X Indivíduo	99	0,101	0,001	
Piracicaba-SP				
Lado	99	0,013	0,013	8,41**
Indivíduo	1	1,289	0,013	8,66***
Lado X Indivíduo	99	0,149	0,001	

** < 0,01 ; *** < 0,001; ns >0.05

ANEXO C - Análise convencional de variância de tamanho da asa e corbícula de
Apis mellifera. Ambientes pouco antropizados

Nervuras		Efeito	GL	SQ	QM	F
União Vitória-PR	AL	Lado	1	0,00438	0,004375	6,6688*
		Indivíduo	99	1,91601	0,019353	29,495***
		Lado X Indivíduo	99	0,11776	0,001189	1,8127***
		Erro	200	0,13123	0,000656	
	LR	Lado	1	0,00261	0,002616	12,4092***
		Indivíduo	99	0,13161	0,001329	6,3057***
		Lado X Indivíduo	99	0,03254	0,000328	1,5592**
		Erro	200	0,04216	0,000210	
	CR	Lado	1	0,13649	0,136493	643,9502***
		Indivíduo	99	2,14532	0,02167	102,2345***
		Lado X Indivíduo	99	0,05948	0,000601	2,8347***
		Erro	200	0,04239	0,000212	
	Anal	Lado	1	0,0011	0,001149	2,2839 ^{ns}
		Indivíduo	99	3,319	0,033526	66,6286***
		Lado X Indivíduo	99	0,1859	0,001878	3,7319***
		Erro	200	0,1006	0,000503	
	Cu	Lado	1	0,15809	0,158086	178,1529***
		Indivíduo	99	1,23429	0,012468	14,0502***
		Lado X Indivíduo	99	0,31352	0,003167	3,5689***
		Erro	200	0,17747	0,000887	
	N1	Lado	1	0,03271	0,032707	127,151***
		Indivíduo	99	0,84321	0,008517	33,1118***
		Lado X Indivíduo	99	0,04805	0,000485	1,8869***
		Erro	200	0,05145	0,000257	
	AC	Lado	1	0,0112	0,011225	11,3875***
		Indivíduo	99	8,9095	0,089995	91,2941***
		Lado X Indivíduo	99	0,4362	0,004406	4,4694***
		Erro	200	0,1972	0,000986	
	N3	Lado	1	0,16826	0,168264	523,771***
		Indivíduo	99	1,24794	0,012605	39,2381***
		Lado X Indivíduo	99	0,05819	0,000588	1,8297***
		Erro	200	0,06425	0,000321	
	N4	Lado	1	0,01284	0,012836	41,426***
		Indivíduo	99	0,8416	0,008501	27,4336***
		Lado X Indivíduo	99	0,05393	0,000544	1,7581***
		Erro	200	0,06198	0,000309	
	N5	Lado	1	0,03769	0,037694	163,3393***
		Indivíduo	99	1,70083	0,01718	74,4461***
		Lado X Indivíduo	99	0,08578	0,000866	3,7547***
		Erro	200	0,04615	0,000231	
	N6	Lado	1	0,03391	0,033911	92,0194***
		Indivíduo	99	0,83426	0,008427	22,8667***
		Lado X Indivíduo	99	0,0924	0,000933	2,5327***
		Erro	200	0,0737	0,000369	
	CC	Lado	1	0	3,2E-006	0,0019 ^{ns}
		Indivíduo	99	1,82326	0,018416	10,9464***
		Lado X Indivíduo	99	0,247	0,002495	1,4829**
		Erro	200	0,33649	0,001682	

* < 0,05, ** < 0,01, *** < 0,001, ns - não significativo

ANEXO C - Análise convencional de variância de tamanho da asa e corbícula de
Apis mellifera. Ambientes pouco antropizados

	Nervuras	Efeito	GL	SQ	QM	F
Rolim de Moura-RO	AL	Lado	1	0,01128	0,011278	17,4969***
		Indivíduo	99	1,47677	0,014916	23,1414***
		Lado X Indivíduo	99	0,10734	0,001084	1,6821**
		Erro	200	0,12892	0,000644	
	LR	Lado	1	1,8E-005	1,7E-005	0,0814 ^{ns}
		Indivíduo	99	0,14217	0,001436	6,63***
		Lado X Indivíduo	99	0,02553	0,000257	1,1905 ^{ns}
		Erro	200	0,04332	0,000216	
	CR	Lado	1	0,14326	0,143262	607,7645***
		Indivíduo	99	2,48566	0,025108	106,5148***
		Lado X Indivíduo	99	0,0709	0,000716	3,0382***
		Erro	200	0,04714	0,000236	
	Anal	Lado	1	0,0128	0,012814	23,974***
		Indivíduo	99	4,2564	0,042994	80,4373***
		Lado X Indivíduo	99	0,1757	0,001775	3,3212***
		Erro	200	0,1069	0,000535	
	Cu	Lado	1	0,22392	0,223918	259,5687***
		Indivíduo	99	1,90661	0,019259	22,3249***
		Lado X Indivíduo	99	0,1895	0,001914	2,2189***
		Erro	200	0,17253	0,000863	
	N1	Lado	1	0,0486	0,048598	146,2007***
		Indivíduo	99	1,10061	0,011117	33,4448***
		Lado X Indivíduo	99	0,04363	0,000441	1,3258*
		Erro	200	0,06648	0,000332	
	AC	Lado	1	0,0141	0,014102	15,209***
		Indivíduo	99	9,4304	0,095256	102,7369***
		Lado X Indivíduo	99	0,3768	0,003806	4,1046***
		Erro	200	0,1854	0,000927	
	N3	Lado	1	0,17889	0,178887	649,594***
		Indivíduo	99	1,13584	0,011473	41,663***
		Lado X Indivíduo	99	0,05665	0,000572	2,078***
		Erro	200	0,05508	0,000275	
	N4	Lado	1	0,029	0,029002	82,5474***
		Indivíduo	99	0,58992	0,005958	17,3472***
		Lado X Indivíduo	99	0,07966	0,000804	2,2413***
		Erro	200	0,06779	0,000338	
	N5	Lado	1	0,03582	0,035816	86,076***
		Indivíduo	99	1,51972	0,015351	36,8926***
		Lado X Indivíduo	99	0,11336	0,001145	2,7518***
		Erro	200	0,08322	0,000416	
	N6	Lado	1	0,01169	0,011685	25,539***
		Indivíduo	99	1,05746	0,010681	23,344***
		Lado X Indivíduo	99	0,09418	0,000951	2,079***
		Erro	200	0,09151	0,000457	
	CC	Lado	1	0,12956	0,129564	78,2974***
		Indivíduo	99	2,03771	0,020583	12,4386***
		Lado X Indivíduo	99	0,52862	0,00534	3,2268***
		Erro	200	0,33095	0,001655	

* < 0,05, ** < 0,01, *** < 0,001, ns - não significativo

ANEXO C - Análise convencional de variância de tamanho da asa e corbícula de
Apis mellifera. Ambientes pouco antropizados

Cassilândia-MS	Nervuras	Efeito	GL	SQ	QM	F
	AL	Lado	1	0,062669	0,062669	59,75883***
		Indivíduo	99	0,790338	0,007983	7,61254***
		Lado X Indivíduo	99	0,103821	0,001049	
	LR	Lado	1	0,000343	0,000343	0,996752 ^{ns}
		Indivíduo	99	0,079530	0,000803	2,332245***
		Lado X Indivíduo	99	0,034100	0,000344	
	CR	Lado	1	0,071878	0,071878	119,6523***
		Indivíduo	99	1,223233	0,012356	20,5684***
		Lado X Indivíduo	99	0,059472	0,000601	
	Anal	Lado	1	0,000112	0,000112	0,080867 ^{ns}
		Indivíduo	99	1,311496	0,013247	9,572825***
		Lado X Indivíduo	99	0,137002	0,001384	
	Cu	Lado	1	0,072807	0,072807	24,40646***
		Indivíduo	99	0,684588	0,006915	2,31807***
		Lado X Indivíduo	99	0,295327	0,002983	
	N1	Lado	1	0,007632	0,007632	21,05176***
		Indivíduo	99	0,370745	0,003745	10,33039***
		Lado X Indivíduo	99	0,035889	0,000363	
	AC	Lado	1	0,000662	0,000662	0,18781 ^{ns}
		Indivíduo	99	4,542964	0,045889	13,01279***
		Lado X Indivíduo	99	0,349115	0,003526	
	N3	Lado	1	0,102853	0,102853	196,6316***
		Indivíduo	99	0,595603	0,006016	11,5016***
		Lado X Indivíduo	99	0,051785	0,000523	
	N4	Lado	1	0,021058	0,021058	34,36391***
		Indivíduo	99	0,254105	0,002567	4,18853***
		Lado X Indivíduo	99	0,060667	0,000613	
	N5	Lado	1	0,020197	0,020197	24,18714***
		Indivíduo	99	0,524677	0,005300	6,34677***
		Lado X Indivíduo	99	0,082668	0,000835	
	N6	Lado	1	0,011633	0,011633	16,32999***
		Indivíduo	99	0,547361	0,005529	7,76122***
		Lado X Indivíduo	99	0,070525	0,000712	
	CC	Lado	1	0,009829	0,009829	6,737567*
		Indivíduo	99	0,722416	0,007297	5,001826***
		Lado X Indivíduo	99	0,144430	0,001459	

* < 0,05, ** < 0,01, *** < 0,001, ns - não significativo

ANEXO C - Análise convencional de variância de tamanho da asa e corbícula de
Apis mellifera. Ambientes pouco antropizados

Itapiúna-CE	Nervuras	Efeito	GL	SQ	QM	F
	AL	Lado	1	0,024942	0,024942	19,92899***
		Indivíduo	99	0,964407	0,009741	7,78365***
		Lado X Indivíduo	99	0,123902	0,001252	
	LR	Lado	1	0,001901	0,001901	5,338143*
		Indivíduo	99	0,068270	0,000690	1,936073***
		Lado X Indivíduo	99	0,035262	0,000356	
	CR	Lado	1	0,062781	0,062781	145,1249***
		Indivíduo	99	1,170814	0,011826	27,3378***
		Lado X Indivíduo	99	0,042828	0,000433	
	Anal	Lado	1	0,002495	0,002495	2,31224 ^{ns}
		Indivíduo	99	2,178350	0,022004	20,39075***
		Lado X Indivíduo	99	0,106830	0,001079	
	Cu	Lado	1	0,071043	0,071043	35,82069***
		Indivíduo	99	0,750230	0,007578	3,82095***
		Lado X Indivíduo	99	0,196347	0,001983	
	N1	Lado	1	0,008935	0,008935	26,09406***
		Indivíduo	99	0,568195	0,005739	16,76115***
		Lado X Indivíduo	99	0,033900	0,000342	
	AC	Lado	1	0,001315	0,001315	0,45632 ^{ns}
		Indivíduo	99	4,706772	0,047543	16,50378***
		Lado X Indivíduo	99	0,285194	0,002881	
	N3	Lado	1	0,102168	0,102168	206,0981***
		Indivíduo	99	0,541037	0,005465	11,0243***
		Lado X Indivíduo	99	0,049077	0,000496	
	N4	Lado	1	0,012620	0,012620	26,52388***
		Indivíduo	99	0,321288	0,003245	6,82086***
		Lado X Indivíduo	99	0,047104	0,000476	
	N5	Lado	1	0,028062	0,028062	44,07463***
		Indivíduo	99	0,626000	0,006323	9,93127***
		Lado X Indivíduo	99	0,063033	0,000637	
	N6	Lado	1	0,010389	0,010389	16,50678***
		Indivíduo	99	0,456671	0,004613	7,32918***
		Lado X Indivíduo	99	0,062309	0,000629	
	CC	Lado	1	0,001006	0,001006	0,740608 ^{ns}
		Indivíduo	99	1,061997	0,010727	7,895510***
		Lado X Indivíduo	99	0,134506	0,001359	

* < 0,05, ** < 0,01, *** < 0,001, ns - não significativo

ANEXO C - Análise convencional de variância de tamanho da asa e corbícula de
Apis mellifera. Ambientes pouco antropizados

Aquidauana-MS	Nervuras	Efeito	GL	SQ	QM	F
	AL	Lado	1	0,011989	0,011989	22,90156***
		Indivíduo	99	1,035366	0,010458	19,97702***
		Lado X Indivíduo	99	0,051828	0,000524	
	LR	Lado	1	0,016759	0,016759	0,533883 ^{ns}
		Indivíduo	99	3,125472	0,031570	1,005713 ^{ns}
		Lado X Indivíduo	99	3,107718	0,031391	
	CR	Lado	1	0,076274	0,076274	165,0029***
		Indivíduo	99	0,749358	0,007569	16,3745***
		Lado X Indivíduo	99	0,045764	0,000462	
	Anal	Lado	1	0,001685	0,001685	1,638202 ^{ns}
		Indivíduo	99	1,014540	0,010248	9,960314***
		Lado X Indivíduo	99	0,101858	0,001029	
	Cu	Lado	1	0,072604	0,072604	53,43775***
		Indivíduo	99	0,539467	0,005449	4,01068***
		Lado X Indivíduo	99	0,134508	0,001359	
	N1	Lado	1	0,022739	0,022739	66,91974***
		Indivíduo	99	0,404208	0,004083	12,01595***
		Lado X Indivíduo	99	0,033639	0,000340	
	AC	Lado	1	0,000413	0,000413	0,23279 ^{ns}
		Indivíduo	99	3,178781	0,032109	18,10632***
		Lado X Indivíduo	99	0,175562	0,001773	
	N3	Lado	1	0,043073	0,043073	10,49553***
		Indivíduo	99	1,151389	0,011630	2,83391***
		Lado X Indivíduo	99	0,406290	0,004104	
	N4	Lado	1	0,002701	0,002701	7,526649**
		Indivíduo	99	0,250704	0,002532	7,057909***
		Lado X Indivíduo	99	0,035521	0,000359	
	N5	Lado	1	0,004055	0,004055	9,54245**
		Indivíduo	99	0,623464	0,006298	14,81820***
		Lado X Indivíduo	99	0,042074	0,000425	
	N6	Lado	1	0,002742	0,002742	3,666050 ^{ns}
		Indivíduo	99	0,427442	0,004318	5,772355***
		Lado X Indivíduo	99	0,074050	0,000748	
	CC	Lado	1	0,001203	0,001203	0,655486 ^{ns}
		Indivíduo	99	0,837642	0,008461	4,609661***
		Lado X Indivíduo	99	0,181714	0,001835	

* < 0,05, ** < 0,01, *** < 0,001, ns - não significativo

ANEXO C - Análise convencional de variância de tamanho da asa e corbícula de
Apis mellifera. Ambientes pouco antropizados

Pacatuba-SE	Nervuras	Efeito	GL	SQ	QM	F
	AL	Lado	1	0,006510	0,006510	12,37816***
		Indivíduo	99	0,669658	0,006764	12,86205***
		Lado X Indivíduo	99	0,052065	0,000526	
	LR	Lado	1	0,003918	0,003918	25,46623***
		Indivíduo	99	0,089158	0,000901	5,85343***
		Lado X Indivíduo	99	0,015232	0,000154	
	CR	Lado	1	0,105087	0,105087	202,6859***
		Indivíduo	99	0,652974	0,006596	12,7214***
		Lado X Indivíduo	99	0,051329	0,000518	
	Anal	Lado	1	0,000005	0,000005	0,004131 ^{ns}
		Indivíduo	99	1,130580	0,011420	9,255301***
		Lado X Indivíduo	99	0,122155	0,001234	
	Cu	Lado	1	0,057221	0,057221	52,33208***
		Indivíduo	99	0,620976	0,006272	5,73656***
		Lado X Indivíduo	99	0,108249	0,001093	
	N1	Lado	1	0,022575	0,022575	76,77698***
		Indivíduo	99	0,367659	0,003714	12,63044***
		Lado X Indivíduo	99	0,029109	0,000294	
	AC	Lado	1	0,000023	0,000023	0,01368 ^{ns}
		Indivíduo	99	3,672225	0,037093	22,11783***
		Lado X Indivíduo	99	0,166030	0,001677	
	N3	Lado	1	0,084482	0,084482	272,7210***
		Indivíduo	99	0,463293	0,004680	15,1068***
		Lado X Indivíduo	99	0,030668	0,000310	
	N4	Lado	1	0,010968	0,010968	23,84378***
		Indivíduo	99	0,304603	0,003077	6,68884***
		Lado X Indivíduo	99	0,045539	0,000460	
	N5	Lado	1	0,014990	0,014990	35,85380***
		Indivíduo	99	0,545213	0,005507	13,17229***
		Lado X Indivíduo	99	0,041391	0,000418	
	N6	Lado	1	0,014307	0,014307	23,09723***
		Indivíduo	99	0,541838	0,005473	8,83569***
		Lado X Indivíduo	99	0,061324	0,000619	
	CC	Lado	1	0,002419	0,002419	1,938009 ^{ns}
		Indivíduo	99	0,766923	0,007747	6,206107***
		Lado X Indivíduo	99	0,123576	0,001248	

* < 0,05, ** < 0,01, *** < 0,001, ns - não significativo

ANEXO C - Análise convencional de variância de tamanho da asa e corbícula de
Apis mellifera. Ambientes pouco antropizados

Erval Seco-RS	Nervuras	Efeito	GL	SQ	QM	F
	AL	Lado	1	0,033334	0,033334	61,51036***
		Indivíduo	99	0,697313	0,007044	12,99736***
		Lado X Indivíduo	99	0,053650	0,000542	
	LR	Lado	1	0,000557	0,000557	3,564008 ^{ns}
		Indivíduo	99	0,051855	0,000524	3,349516***
		Lado X Indivíduo	99	0,015481	0,000156	
	CR	Lado	1	0,098608	0,098608	270,4556***
		Indivíduo	99	0,568987	0,005747	15,7634***
		Lado X Indivíduo	99	0,036095	0,000365	
	Anal	Lado	1	0,003587	0,003587	4,09329*
		Indivíduo	99	0,983748	0,009937	11,33987***
		Lado X Indivíduo	99	0,086751	0,000876	
	Cu	Lado	1	0,201708	0,201708	101,9292***
		Indivíduo	99	0,748499	0,007561	3,8206***
		Lado X Indivíduo	99	0,195912	0,001979	
	N1	Lado	1	0,013152	0,013152	33,85428***
		Indivíduo	99	0,317291	0,003205	8,25006***
		Lado X Indivíduo	99	0,038459	0,000388	
	AC	Lado	1	0,031509	0,031509	11,27711**
		Indivíduo	99	3,253919	0,032868	11,76352***
		Lado X Indivíduo	99	0,276611	0,002794	
	N3	Lado	1	0,093274	0,093274	246,3480***
		Indivíduo	99	0,575839	0,005817	15,3622***
		Lado X Indivíduo	99	0,037484	0,000379	
	N4	Lado	1	0,009725	0,009725	23,90092***
		Indivíduo	99	0,269952	0,002727	6,70126***
		Lado X Indivíduo	99	0,040284	0,000407	
	N5	Lado	1	0,014054	0,014054	20,08628***
		Indivíduo	99	0,432274	0,004366	6,24060***
		Lado X Indivíduo	99	0,069268	0,000700	
	N6	Lado	1	0,016858	0,016858	20,32466***
		Indivíduo	99	0,562066	0,005677	6,84490***
		Lado X Indivíduo	99	0,082115	0,000829	
	CC	Lado	1	0,000003	0,000003	0,001777 ^{ns}
		Indivíduo	99	0,611292	0,006175	4,264650***
		Lado X Indivíduo	99	0,143339	0,001448	

* < 0,05, ** < 0,01, *** < 0,001, ns - não significativo

ANEXO C - Análise convencional de variância de tamanho da asa e corbícula de
Apis mellifera. Ambientes pouco antropizados

Rio Claro-SP	Nervuras	Efeito	GL	SQ	QM	F
	AL	Lado	1	0,028954	0,028954	54,55353***
		Indivíduo	99	0,884006	0,008929	16,82439***
		Lado X Indivíduo	99	0,052543	0,000531	
	LR	Lado	1	0,004305	0,004305	21,23786***
		Indivíduo	99	0,048840	0,000493	2,43384***
		Lado X Indivíduo	99	0,020067	0,000203	
	CR	Lado	1	0,090514	0,090514	135,0853***
		Indivíduo	99	1,070723	0,010815	16,1411***
		Lado X Indivíduo	99	0,066335	0,000670	
	Anal	Lado	1	0,002499	0,002499	3,07668 ^{ns}
		Indivíduo	99	1,246313	0,012589	15,49629***
		Lado X Indivíduo	99	0,080427	0,000812	
	Cu	Lado	1	0,132239	0,132239	75,58236***
		Indivíduo	99	0,577959	0,005838	3,33673***
		Lado X Indivíduo	99	0,173211	0,001750	
	N1	Lado	1	0,027290	0,027290	84,08611***
		Indivíduo	99	0,516430	0,005216	16,07301***
		Lado X Indivíduo	99	0,032130	0,000325	
	AC	Lado	1	0,013145	0,013145	5,21257*
		Indivíduo	99	3,290527	0,033238	13,18055***
		Lado X Indivíduo	99	0,249650	0,002522	
	N3	Lado	1	0,074663	0,074663	150,6016***
		Indivíduo	99	0,533075	0,005385	10,8612***
		Lado X Indivíduo	99	0,049081	0,000496	
	N4	Lado	1	0,003506	0,003506	7,951205**
		Indivíduo	99	0,297724	0,003007	6,820888***
		Lado X Indivíduo	99	0,043649	0,000441	
	N5	Lado	1	0,017448	0,017448	29,81164***
		Indivíduo	99	0,765743	0,007735	13,21579***
		Lado X Indivíduo	99	0,057942	0,000585	
	N6	Lado	1	0,016647	0,016647	20,77362***
		Indivíduo	99	0,660761	0,006674	8,32895***
		Lado X Indivíduo	99	0,079333	0,000801	
	CC	Lado	1	0,039979	0,039979	21,38456***
		Indivíduo	99	1,308125	0,013213	7,06774***
		Lado X Indivíduo	99	0,185084	0,001870	

* < 0,05, ** < 0,01, *** < 0,001, ns - não significativo

ANEXO C - Análise convencional de variância de tamanho da asa e corbícula de
Apis mellifera. Ambientes com alto grau de antropização

Maringá-PR	Nervuras	Efeito	GL	SQ	QM	F
	AL	Lado	1	0,02698	0,026978	36,7312***
		Indivíduo	99	2,1054	0,021266	28,955***
		Lado X Indivíduo	99	0,1196	0,001208	1,6448**
		Erro	200	0,14689	0,000734	
	LR	Lado	1	0,00204	0,002047	8,8302**
		Indivíduo	99	0,09073	0,000916	3,9525***
		Lado X Indivíduo	99	0,02621	0,000264	1,1421 ^{ns}
		Erro	200	0,04637	0,000231	
	CR	Lado	1	0,20435	0,204349	452,6383***
		Indivíduo	99	1,93971	0,019593	43,3991***
		Lado X Indivíduo	99	0,06656	0,000672	1,4892**
		Erro	200	0,09029	0,000451	
	Anal	Lado	1	0,0035	0,003516	4,3221*
		Indivíduo	99	3,1991	0,032314	39,7169***
		Lado X Indivíduo	99	0,1603	0,001619	1,9899***
		Erro	200	0,1627	0,000814	
	Cu	Lado	1	0,29133	0,29133	257,1276***
		Indivíduo	99	1,59341	0,016095	14,2055***
		Lado X Indivíduo	99	0,24731	0,002498	2,2048***
		Erro	200	0,2266	0,001133	
	N1	Lado	1	0,02321	0,023210	79,8703***
		Indivíduo	99	0,85236	0,008609	29,6271***
		Lado X Indivíduo	99	0,05185	0,000523	1,8021***
		Erro	200	0,05812	0,000290	
	AC	Lado	1	0,0157	0,015713	7,0632**
		Indivíduo	99	13,1245	0,13257	59,5936***
		Lado X Indivíduo	99	0,4773	0,004821	2,1673***
		Erro	200	0,4449	0,002225	
	N3	Lado	1	0,19847	0,19847	642,0907***
		Indivíduo	99	1,27655	0,012894	41,7162***
		Lado X Indivíduo	99	0,06031	0,000609	1,9707***
		Erro	200	0,06182	0,000309	
	N4	Lado	1	0,03417	0,03417	110,3177***
		Indivíduo	99	0,7712	0,00779	25,15***
		Lado X Indivíduo	99	0,06398	0,000646	2,0865***
		Erro	200	0,06195	0,00031	
	N5	Lado	1	0,02618	0,026179	53,2061***
		Indivíduo	99	1,30786	0,013210	26,8491***
		Lado X Indivíduo	99	0,12721	0,001284	2,6114***
		Erro	200	0,09841	0,000492	
	N6	Lado	1	0,04951	0,049506	26,673***
		Indivíduo	99	1,02538	0,010357	5,5803***
		Lado X Indivíduo	99	0,19179	0,001937	1,0438 ^{ns}
		Erro	200	0,37121	0,001856	
	CC	Lado	1	0,15868	0,158683	183,0361***
		Indivíduo	99	2,14378	0,021654	24,9776***
		Lado X Indivíduo	99	0,18901	0,001909	2,2022***
		Erro	200	0,17339	0,000867	

* < 0,05, ** < 0,01, *** < 0,001, ns - não significativo

ANEXO C - Análise convencional de variância de tamanho da asa e corbícula de
Apis mellifera. Ambientes com alto grau de antropização

	Nervuras	Efeito	GL	SQ	QM	F
Rolim de Moura-RO	AL	Lado	1	0,0057	0,005700	9,1979**
		Indivíduo	99	1,78165	0,017996	29,0389***
		Lado X Indivíduo	99	0,10142	0,001024	1,6531**
		Erro	200	0,12395	0,000619	
	LR	Lado	1	0,00043	0,000432	2,375 ^{ns}
		Indivíduo	99	0,09799	0,000989	5,4336***
		Lado X Indivíduo	99	0,02721	0,000274	1,5088**
		Erro	200	0,03643	0,000182	
	CR	Lado	1	0,13694	0,136937	666,3682***
		Indivíduo	99	1,81997	0,018384	89,4587***
		Lado X Indivíduo	99	0,07149	0,000722	3,5139***
		Erro	200	0,0411	0,000205	
	Anal	Lado	1	0,00062	0,000625	0,9103 ^{ns}
		Indivíduo	99	2,68468	0,027117	39,4983***
		Lado X Indivíduo	99	0,13983	0,001412	2,0572***
		Erro	200	0,13731	0,000686	
	Cu	Lado	1	0,34135	0,34135	339,227***
		Indivíduo	99	1,02275	0,01033	10,2666***
		Lado X Indivíduo	99	0,20406	0,00206	2,0484***
		Erro	200	0,20125	0,00101	
	N1	Lado	1	0,04497	0,044965	141,0728***
		Indivíduo	99	0,90216	0,009113	28,5901***
		Lado X Indivíduo	99	0,05656	0,000571	1,7924***
		Erro	200	0,06375	0,000319	
	AC	Lado	1	0,0839	0,083868	79,857***
		Indivíduo	99	7,5429	0,076191	72,546***
		Lado X Indivíduo	99	0,3147	0,003179	3,027***
		Erro	200	0,21	0,00105	
	N3	Lado	1	0,14243	0,142431	544,6579***
		Indivíduo	99	1,3367	0,013502	51,632***
		Lado X Indivíduo	99	0,07145	0,000722	2,7597***
		Erro	200	0,0523	0,000262	
	N4	Lado	1	0,00536	0,005358	17,326***
		Indivíduo	99	0,98741	0,009973	32,2507***
		Lado X Indivíduo	99	0,05923	0,000598	1,9346***
		Erro	200	0,06185	0,000309	
	N5	Lado	1	0,04412	0,044121	140,5586***
		Indivíduo	99	1,31377	0,01327	42,2763***
		Lado X Indivíduo	99	0,09941	0,001004	3,1989***
		Erro	200	0,06278	0,000314	
	N6	Lado	1	0,01963	0,019628	42,5835***
		Indivíduo	99	1,4878	0,015028	32,6042***
		Lado X Indivíduo	99	0,0955	0,000964	2,0929***
		Erro	200	0,09219	0,000460	
	CC	Lado	1	0,05362	0,053615	31,4814***
		Indivíduo	99	2,43878	0,024634	14,4644***
		Lado X Indivíduo	99	0,19398	0,001959	1,1505 ^{ns}
		Erro	200	0,34062	0,001703	

* < 0,05, ** < 0,01, *** < 0,001, ns - não significativo

ANEXO C - Análise convencional de variância de tamanho da asa e corbícula de
Apis mellifera. Ambientes com alto grau de antropização

Cassilândia-MS	Nervuras	Efeito	GL	SQ	QM	F
	AL	Lado	1	0,021728	0,021728	21,04610***
		Indivíduo	99	1,307172	0,013204	12,78928***
		Lado X Indivíduo	99	0,102208	0,001032	
	LR	Lado	1	0,000468	0,000468	1,598770 ^{ns}
		Indivíduo	99	0,136637	0,001380	4,719900***
		Lado X Indivíduo	99	0,028949	0,000292	
	CR	Lado	1	0,073433	0,073433	136,0428***
		Indivíduo	99	1,268710	0,012815	23,7416***
		Lado X Indivíduo	99	0,053438	0,000540	
	Anal	Lado	1	0,003282	0,003282	2,590212 ^{ns}
		Indivíduo	99	1,250110	0,012627	9,964234***
		Lado X Indivíduo	99	0,125460	0,001267	
	Cu	Lado	1	0,042007	0,042007	29,34963***
		Indivíduo	99	0,627715	0,006341	4,43002***
		Lado X Indivíduo	99	0,141696	0,001431	
	N1	Lado	1	0,005812	0,005812	14,23482***
		Indivíduo	99	0,527288	0,005326	13,04455***
		Lado X Indivíduo	99	0,040422	0,000408	
	AC	Lado	1	0,000915	0,000915	0,47136 ^{ns}
		Indivíduo	99	4,135399	0,041772	21,51787***
		Lado X Indivíduo	99	0,192184	0,001941	
	N3	Lado	1	0,081651	0,081651	175,4142***
		Indivíduo	99	0,916136	0,009254	19,8805***
		Lado X Indivíduo	99	0,046082	0,000465	
	N4	Lado	1	0,015241	0,015241	28,59930***
		Indivíduo	99	0,314938	0,003181	5,96949***
		Lado X Indivíduo	99	0,052758	0,000533	
	N5	Lado	1	0,025750	0,025750	38,04741***
		Indivíduo	99	0,728726	0,007361	10,87608***
		Lado X Indivíduo	99	0,067003	0,000677	
	N6	Lado	1	0,021532	0,021532	36,78209***
		Indivíduo	99	0,617219	0,006235	10,65014***
		Lado X Indivíduo	99	0,057954	0,000585	
	CC	Lado	1	0,000585	0,000585	0,240699 ^{ns}
		Indivíduo	99	0,876790	0,008856	3,643216***
		Lado X Indivíduo	99	0,240664	0,002431	

* < 0,05, ** < 0,01, *** < 0,001, ns - não significativo

ANEXO C - Análise convencional de variância de tamanho da asa e corbícula de
Apis mellifera. Ambientes com alto grau de antropização

		Nervuras	Efeito	GL	SQ	QM	F
Fortaleza-CE	AL		Lado	1	0,030768	0,030768	25,83829***
			Indivíduo	99	1,100182	0,011113	9,33248***
			Lado X Indivíduo	99	0,117887	0,001191	
	LR		Lado	1	0,000661	0,000661	1,696811 ^{ns}
			Indivíduo	99	0,117202	0,001184	3,041268***
			Lado X Indivíduo	99	0,038537	0,000389	
	CR		Lado	1	0,035080	0,035080	75,75476***
			Indivíduo	99	1,457996	0,014727	31,80356***
			Lado X Indivíduo	99	0,045844	0,000463	
	Anal		Lado	1	0,009631	0,009631	4,79112*
			Indivíduo	99	2,403180	0,024275	12,07625***
			Lado X Indivíduo	99	0,199001	0,002010	
	Cu		Lado	1	0,085014	0,085014	31,95593***
			Indivíduo	99	1,211192	0,012234	4,59874***
			Lado X Indivíduo	99	0,263375	0,002660	
	N1		Lado	1	0,004251	0,004251	14,11618***
			Indivíduo	99	0,610566	0,006167	20,47762***
			Lado X Indivíduo	99	0,029816	0,000301	
	AC		Lado	1	0,005629	0,005629	1,57612 ^{ns}
			Indivíduo	99	6,095952	0,061575	17,24020***
			Lado X Indivíduo	99	0,353589	0,003572	
	N3		Lado	1	0,069543	0,069543	133,9068***
			Indivíduo	99	0,696517	0,007036	13,5471***
			Lado X Indivíduo	99	0,051414	0,000519	
	N4		Lado	1	0,008690	0,008690	0,069543***
			Indivíduo	99	0,287267	0,002902	0,696517***
			Lado X Indivíduo	99	0,058404	0,000590	
	N5		Lado	1	0,014836	0,014836	19,91316***
			Indivíduo	99	0,645342	0,006519	8,74920***
			Lado X Indivíduo	99	0,073760	0,000745	
	N6		Lado	1	0,007190	0,007190	9,082051**
			Indivíduo	99	0,739319	0,007468	9,433540***
			Lado X Indivíduo	99	0,078371	0,000792	
	CC		Lado	1	0,003318	0,003318	1,897558 ^{ns}
			Indivíduo	99	1,404586	0,014188	8,113221***
			Lado X Indivíduo	99	0,173123	0,001749	

* < 0,05, ** < 0,01, *** < 0,001, ns - não significativo

ANEXO C - Análise convencional de variância de tamanho da asa e corbícula de
Apis mellifera. Ambientes com alto grau de antropização

Aquidauana-MS	Nervuras	Efeito	GL	SQ	QM	F
	AL	Lado	1	0,011814	0,011814	15,92997***
		Indivíduo	99	1,214985	0,012273	16,54834***
		Lado X Indivíduo	99	0,073420	0,000742	
	LR	Lado	1	0,005593	0,005593	19,49743***
		Indivíduo	99	0,061846	0,000625	2,17778***
		Lado X Indivíduo	99	0,028399	0,000287	
	CR	Lado	1	0,061375	0,061375	134,2948***
		Indivíduo	99	1,482275	0,014972	32,7615***
		Lado X Indivíduo	99	0,045244	0,000457	
	Anal	Lado	1	0,003486	0,003486	2,69646 ^{ns}
		Indivíduo	99	1,588010	0,016041	12,40581***
		Lado X Indivíduo	99	0,128005	0,001293	
	Cu	Lado	1	0,077213	0,077213	60,33484***
		Indivíduo	99	0,769544	0,007773	6,07402***
		Lado X Indivíduo	99	0,126694	0,001280	
	N1	Lado	1	0,023293	0,023293	48,91398***
		Indivíduo	99	0,354931	0,003585	7,52852***
		Lado X Indivíduo	99	0,047145	0,000476	
	AC	Lado	1	0,007918	0,007918	4,19887*
		Indivíduo	99	5,525481	0,055813	29,59810***
		Lado X Indivíduo	99	0,186684	0,001886	
	N3	Lado	1	0,071092	0,071092	175,8085***
		Indivíduo	99	0,648180	0,006547	16,1912***
		Lado X Indivíduo	99	0,040033	0,000404	
	N4	Lado	1	0,000178	0,000178	0,30411 ^{ns}
		Indivíduo	99	0,632193	0,006386	10,89871***
		Lado X Indivíduo	99	0,058006	0,000586	
	N5	Lado	1	0,007499	0,007499	8,907457**
		Indivíduo	99	0,625609	0,006319	7,505922***
		Lado X Indivíduo	99	0,083349	0,000842	
	N6	Lado	1	0,005702	0,005702	10,37861**
		Indivíduo	99	0,617411	0,006236	11,35059***
		Lado X Indivíduo	99	0,054395	0,000549	
	CC	Lado	1	0,012425	0,012425	5,819749*
		Indivíduo	99	1,059950	0,010707	5,014920***
		Lado X Indivíduo	99	0,211359	0,002135	

* < 0,05, ** < 0,01, *** < 0,001, ns - não significativo

ANEXO C - Análise convencional de variância de tamanho da asa e corbícula de
Apis mellifera. Ambientes com alto grau de antropização

Riachuelo-SE	Nervuras	Efeito	GL	SQ	QM	F
	AL	Lado	1	0,014119	0,014119	28,47353***
		Indivíduo	99	0,977975	0,009879	19,92207***
		Lado X Indivíduo	99	0,049090	0,000496	
	LR	Lado	1	0,003225	0,003225	18,52255***
		Indivíduo	99	0,064886	0,000655	3,76422***
		Lado X Indivíduo	99	0,017238	0,000174	
	CR	Lado	1	0,110744	0,110744	205,1730***
		Indivíduo	99	1,310984	0,013242	24,5337***
		Lado X Indivíduo	99	0,053436	0,000540	
	Anal	Lado	1	0,004236	0,004236	4,60852*
		Indivíduo	99	1,726455	0,017439	18,97258***
		Lado X Indivíduo	99	0,090997	0,000919	
	Cu	Lado	1	0,065079	0,065079	59,88531***
		Indivíduo	99	0,689491	0,006965	6,40876***
		Lado X Indivíduo	99	0,107586	0,001087	
	N1	Lado	1	0,016518	0,016518	45,76064***
		Indivíduo	99	0,672098	0,006789	18,80739***
		Lado X Indivíduo	99	0,035736	0,000361	
	AC	Lado	1	0,000037	0,000037	0,01730 ^{ns}
		Indivíduo	99	5,462673	0,055179	25,93939***
		Lado X Indivíduo	99	0,210594	0,002127	
	N3	Lado	1	0,089187	0,089187	316,3575***
		Indivíduo	99	0,670666	0,006774	24,0296***
		Lado X Indivíduo	99	0,027910	0,000282	
	N4	Lado	1	0,006926	0,006926	14,07129***
		Indivíduo	99	0,422816	0,004271	8,67637***
		Lado X Indivíduo	99	0,048732	0,000492	
	N5	Lado	1	0,015321	0,015321	21,69632***
		Indivíduo	99	0,634000	0,006404	9,06872***
		Lado X Indivíduo	99	0,069911	0,000706	
	N6	Lado	1	0,012510	0,012510	18,36633***
		Indivíduo	99	0,645681	0,006522	9,57558***
		Lado X Indivíduo	99	0,067430	0,000681	
	CC	Lado	1	0,006488	0,006488	3,627009 ^{ns}
		Indivíduo	99	1,101740	0,011129	6,220868***
		Lado X Indivíduo	99	0,177104	0,001789	

* < 0,05, ** < 0,01, *** < 0,001, ns - não significativo

ANEXO C - Análise convencional de variância de tamanho da asa e corbícula de
Apis mellifera. Ambientes com alto grau de antropização

Ubiratã-PR	Nervuras	Efeito	GL	SQ	QM	F
	AL	Lado	1	0,002775	0,002775	3,13683 ^{ns}
		Indivíduo	99	0,967642	0,009774	11,05015***
		Lado X Indivíduo	99	0,087568	0,000885	
	LR	Lado	1	0,000176	0,000176	0,655961 ^{ns}
		Indivíduo	99	0,091824	0,000928	3,452139***
		Lado X Indivíduo	99	0,026599	0,000269	
	CR	Lado	1	0,069854	0,069854	125,9096***
		Indivíduo	99	1,064416	0,010752	19,3796***
		Lado X Indivíduo	99	0,054925	0,000555	
	Anal	Lado	1	0,003335	0,003335	4,86706*
		Indivíduo	99	1,374487	0,013884	20,26398***
		Lado X Indivíduo	99	0,067829	0,000685	
	Cu	Lado	1	0,166015	0,166015	151,8486***
		Indivíduo	99	0,582534	0,005884	5,3821***
		Lado X Indivíduo	99	0,108236	0,001093	
	N1	Lado	1	0,010325	0,010325	31,25476***
		Indivíduo	99	0,490177	0,004951	14,98729***
		Lado X Indivíduo	99	0,032706	0,000330	
	AC	Lado	1	0,041680	0,041680	18,16061***
		Indivíduo	99	3,950224	0,039901	17,38575***
		Lado X Indivíduo	99	0,227211	0,002295	
	N3	Lado	1	0,075490	0,075490	187,3037***
		Indivíduo	99	0,539221	0,005447	13,5141***
		Lado X Indivíduo	99	0,039901	0,000403	
	N4	Lado	1	0,009344	0,009344	23,89368***
		Indivíduo	99	0,285135	0,002880	7,36459***
		Lado X Indivíduo	99	0,038717	0,000391	
	N5	Lado	1	0,020632	0,020632	36,30284***
		Indivíduo	99	0,596410	0,006024	10,59987***
		Lado X Indivíduo	99	0,056266	0,000568	
	N6	Lado	1	0,014445	0,014445	19,16970***
		Indivíduo	99	0,502726	0,005078	6,73895***
		Lado X Indivíduo	99	0,074600	0,000754	
	CC	Lado	1	0,000883	0,000883	0,564340 ^{ns}
		Indivíduo	99	0,955330	0,009650	6,164635***
		Lado X Indivíduo	99	0,154969	0,001565	

* < 0,05, ** < 0,01, *** < 0,001, ns - não significativo

ANEXO C - Análise convencional de variância de tamanho da asa e corbícula de
Apis mellifera. Ambientes com alto grau de antropização

	Nervuras	Efeito	GL	SQ	QM	F
Piracicaba-SP	AL	Lado	1	0,029477	0,029477	53,55824***
		Indivíduo	99	1,273790	0,012867	23,37774***
		Lado X Indivíduo	99	0,054487	0,000550	
	LR	Lado	1	0,001433	0,001433	8,208551**
		Indivíduo	99	0,065285	0,000659	3,777535***
		Lado X Indivíduo	99	0,017282	0,000175	
	CR	Lado	1	0,092298	0,092298	210,8940***
		Indivíduo	99	1,152646	0,011643	26,6030***
		Lado X Indivíduo	99	0,043328	0,000438	
	Anal	Lado	1	0,002747	0,002747	2,69855 ^{ns}
		Indivíduo	99	2,044790	0,020654	20,29280***
		Lado X Indivíduo	99	0,100764	0,001018	
	Cu	Lado	1	0,114390	0,114390	88,14441***
		Indivíduo	99	0,783283	0,007912	6,09661***
		Lado X Indivíduo	99	0,128478	0,001298	
	N1	Lado	1	0,029661	0,029661	94,42302***
		Indivíduo	99	0,582943	0,005888	18,74490***
		Lado X Indivíduo	99	0,031099	0,000314	
	AC	Lado	1	0,001181	0,001181	0,55637 ^{ns}
		Indivíduo	99	5,948386	0,060085	28,29913***
		Lado X Indivíduo	99	0,210197	0,002123	
	N3	Lado	1	0,082437	0,082437	175,8646***
		Indivíduo	99	0,785043	0,007930	16,9166***
		Lado X Indivíduo	99	0,046407	0,000469	
	N4	Lado	1	0,013119	0,013119	26,69281***
		Indivíduo	99	0,442234	0,004467	9,08887***
		Lado X Indivíduo	99	0,048657	0,000491	
	N5	Lado	1	0,011581	0,011581	20,15106***
		Indivíduo	99	0,728336	0,007357	12,80156***
		Lado X Indivíduo	99	0,056894	0,000575	
	N6	Lado	1	0,024629	0,024629	47,59324***
		Indivíduo	99	0,901736	0,009108	17,60135***
		Lado X Indivíduo	99	0,051231	0,000517	
	CC	Lado	1	0,023650	0,023650	10,82255**
		Indivíduo	99	1,388162	0,014022	6,41668***
		Lado X Indivíduo	99	0,216337	0,002185	

* < 0,05, ** < 0,01, *** < 0,001, ns - não significativo

ANEXO D - Análise de variância da forma da asa de *Apis mellifera*

Ambientes pouco antropizados

Efeito	GL	SQ	QM	F
União Vitória-PR				
Lado	36	0,009836	0,000273	40,18***
Indivíduo	3564	0,204764	0,000057	8,45***
Lado X Indivíduo	3564	0,024237	0,000007	2,85***
Erro	7200	0,017208	0,000002	
Rolim de Moura-RO				
Lado	36	0,007063	0,000196	31,03***
Indivíduo	3564	0,213818	0,000060	9,49***
Lado X Indivíduo	3564	0,022534	0,000006	2,89***
Erro	7200	0,015751	0,000002	
Cassilândia-MS				
Lado	36	0,003803	0,000106	22,78***
Indivíduo	3564	0,113752	0,000032	6,88***
Lado X Indivíduo	3564	0,016528	0,000005	
Itapiúna-CE				
Lado	36	0,005309	0,000147	29,39***
Indivíduo	3564	0,112113	0,000031	6,27***
Lado X Indivíduo	3564	0,017882	0,000005	
Aquidauana-MS				
Lado	36	0,004889	0,000136	32,04***
Indivíduo	3564	0,094867	0,000027	6,28***
Lado X Indivíduo	3564	0,015107	0,000004	
Pacatuba-SE				
Lado	36	0,005881	0,000147	31,06***
Indivíduo	3564	0,111836	0,000031	6,64***
Lado X Indivíduo	3564	0,016830	0,000005	
Ervál Seco-RS				
Lado	36	0,003360	0,000093	21,70***
Indivíduo	3564	0,095440	0,000027	6,23***
Lado X Indivíduo	3564	0,015329	0,000004	
Rio Claro-SP				
Lado	36	0,004862	0,000135	32,88***
Indivíduo	3564	0,123202	0,000035	8,41***
Lado X Indivíduo	3564	0,014642	0,000004	

*** < 0,001

ANEXO D - Análise de variância da forma da asa de *Apis mellifera*

Ambientes com alto grau de antropização

Efeito	GL	SQ	QM	F
Maringá-PR				
Lado	36	0,010658	0,000296	42,61***
Indivíduo	3564	0,194791	0,000055	7,87***
Lado X Indivíduo	3564	0,024764	0,000007	2,43***
Erro	7200	0,020595	0,000003	
Rolim de Moura-RO				
Lado	36	0,004848	0,000135	20,18***
Indivíduo	3564	0,196614	0,000055	8,27***
Lado X Indivíduo	3564	0,023781	0,000007	2,69***
Erro	7200	0,017846	0,000003	
Cassilândia-MS				
Lado	36	0,003255	0,000090	21,44***
Indivíduo	3564	0,113270	0,000031	7,53***
Lado X Indivíduo	3564	0,015034	0,000004	
Fortaleza-CE				
Lado	36	0,003864	0,000107	22,44***
Indivíduo	3564	0,110935	0,000031	6,51***
Lado X Indivíduo	3564	0,017005	0,000005	
Aquidauana-MS				
Lado	36	0,004758	0,000132	25,96***
Indivíduo	3564	0,116223	0,000033	6,41***
Lado X Indivíduo	3564	0,018143	0,000005	
Riachuelo-SE				
Lado	36	0,004576	0,000127	25,25***
Indivíduo	3564	0,110023	0,000031	6,13***
Lado X Indivíduo	3564	0,017940	0,000005	
Ubiratã-PR				
Lado	36	0,003760	0,000104	21,90***
Indivíduo	3564	0,108075	0,000030	6,36***
Lado X Indivíduo	3564	0,016996	0,000005	
Piracicaba-SP				
Lado	36	0,002973	0,000081	5,34***
Indivíduo	3564	0,148781	0,000042	2,73***
Lado X Indivíduo	3564	0,054485	0,000015	

*** < 0,001

ANEXO E - Análise de variância da forma da corbícula de *Apis mellifera*

Ambientes pouco antropizados

Efeito	GL	SQ	QM	F
União Vitória-PR				
Lado	6	0,028472	0,004745	43,09***
Indivíduo	594	0,105141	0,000177	1,61***
Lado X Indivíduo	594	0,065418	0,000110	1,74***
Erro	1200	0,076103	0,000063	
Rolim de Moura-RO				
Lado	6	0,044571	0,007428	65,44***
Indivíduo	594	0,102227	0,000172	1,52***
Lado X Indivíduo	594	0,067433	0,000113	2,12***
Erro	1200	0,064112	0,000053	
Cassilândia-MS				
Lado	6	0,013006	0,002168	39,21***
Indivíduo	594	0,042840	0,000072	1,30***
Lado X Indivíduo	594	0,032839	0,000055	
Itapiúna-CE				
Lado	6	0,016764	0,002794	50,61***
Indivíduo	594	0,045142	0,000076	1,38***
Lado X Indivíduo	594	0,032795	0,000055	
Aquidauana-MS				
Lado	6	0,017967	0,002996	68,63***
Indivíduo	594	0,045858	0,000077	1,77***
Lado X Indivíduo	594	0,025933	0,000044	
Pacatuba-SE				
Lado	6	0,017271	0,002878	75,07***
Indivíduo	594	0,042772	0,000072	1,88***
Lado X Indivíduo	594	0,022776	0,000038	
Erval Seco-RS				
Lado	6	0,021839	0,003640	62,67***
Indivíduo	594	0,046795	0,000079	1,36***
Lado X Indivíduo	594	0,034497	0,000058	
Rio Claro-SP				
Lado	6	0,013139	0,002190	45,15***
Indivíduo	594	0,049515	0,000083	1,72***
Lado X Indivíduo	594	0,028811	0,000048	

*** < 0,001

ANEXO E - Análise de variância da forma da corbícula de *Apis mellifera*
Ambientes com alto grau de antropização

Efeito	GL	SQ	QM	F
Maringá-PR				
Lado	6	0,054766	0,009128	75,51***
Indivíduo	594	0,113424	0,000191	1,58***
Lado X Indivíduo	594	0,071610	0,000120	2,25***
Erro	1200	0,064238	0,000053	
Rolim de Moura-RO				
Lado	6	0,027607	0,004601	45,07***
Indivíduo	594	0,082046	0,000138	1,35***
Lado X Indivíduo	594	0,060648	0,000102	1,87***
Erro	1200	0,065514	0,000054	
Cassilândia-MS				
Lado	6	0,014178	0,002363	41,20***
Indivíduo	594	0,048096	0,000081	1,41***
Lado X Indivíduo	594	0,034073	0,000057	
Fortaleza-CE				
Lado	6	0,012072	0,002012	39,57***
Indivíduo	594	0,054422	0,000092	1,80***
Lado X Indivíduo	594	0,030204	0,000051	
Aquidauana-MS				
Lado	6	0,019939	0,003323	64,49***
Indivíduo	594	0,034156	0,000058	1,13***
Lado X Indivíduo	594	0,030297	0,000051	
Riachuelo-SE				
Lado	6	0,012811	0,002135	49,27***
Indivíduo	594	0,040922	0,000069	1,59***
Lado X Indivíduo	594	0,025743	0,000043	
Ubiratã-PR				
Lado	6	0,018668	0,003111	55,59***
Indivíduo	594	0,049300	0,000083	1,48***
Lado X Indivíduo	594	0,033246	0,000056	
Piracicaba-SP				
Lado	6	0,011659	0,001943	33,33***
Indivíduo	594	0,051228	0,000086	1,48***
Lado X Indivíduo	594	0,034630	0,000058	

*** < 0,001