



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E  
CONSERVAÇÃO

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DE ABELHAS URUÇU  
(*MELIPONA SCUTELLARIS*, LATREILLE, 1811) EM MELIPONÁRIOS DA  
REGIÃO NORDESTE

Hanna Angélica Santos Pinto

Mestrado Acadêmico

São Cristóvão

Sergipe - Brasil

2013

HANNA ANGÉLICA SANTOS PINTO

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DE ABELHAS URUÇU  
(*MELIPONA SCUTELLARIS*, LATREILLE, 1811) EM MELIPONÁRIOS DA  
REGIÃO NORDESTE

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Sergipe, como requisito parcial exigido para obtenção do título Mestre em Ecologia e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Edilson Divino de Araújo.

SÃO CRISTÓVÃO  
SERGIPE - BRASIL

2013

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

P659c Pinto, Hanna Angélica Santos  
Caracterização morfométrica de abelhas urucu (*Melipona scutellaris*, Latreille, 1811) em meliponários da Região Nordeste / Hanna Angélica Santos Pinto ; orientador Edilson Divino de Araújo. – São Cristóvão, 2013.  
54 f. : il.

Dissertação (mestrado em Ecologia e Conservação) –  
Universidade Federal de Sergipe, 2013.

1. Abelha sem ferrão. 2. Morfometria geométrica. 3. Assimetria. 4. Brasil, Nordeste. I. Araújo, Edilson Divino de, orient. II. Título

CDU: 638.1(812/813)

## TERMO DE APROVAÇÃO

### CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DE ABELHAS URUÇU (*MELIPONA SCUTELLARIS* LATREILLE, 1811) EM MELIPONÁRIOS DA REGIÃO NORDESTE

por

**HANNA ANGELICA SANTOS PINTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Sergipe, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

**APROVADA** pela banca examinadora composta por



**DR. EDILSON DIVINO DE ARAÚJO**

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da  
Universidade Federal de Sergipe



**DR. LORENA ANDRADE NUNES**

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia



**DR. LEANDRO DE SOUSA SOUTO**

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da  
Universidade Federal de Sergipe

São Cristovão/SE, 31/07/2013

A Deus, Nelson, Eliane, Marcelo, Érika, Heli, Heidi, Helen, Halinne e Hairan.

Com carinho

Dedico

“Os que semeiam em lágrimas segarão com alegria.  
Aquele que leva a preciosa semente, andando e  
chorando, voltará, sem dúvida, com alegria,  
trazendo consigo os seus molhos.”

**Salmos 126:5-6**

## AGRADECIMENTOS

"Grandes coisas fez o SENHOR por nós, pelas quais estamos alegres. 126:3"

Todas as conquistas precedidas com lutas tornam-se mais valiosas e mais alegres. Chegar até aqui não foi tarefa fácil, mas o prazer de conquistar a vitória é sem preço! Nesta caminhada tenho muito que agradecer: Agradeço, antes de tudo, a Deus. Sem Ele nada disso seria possível! Ele nunca me deixou só, ou confusa. Deu-me da Sua paz, do Seu ânimo e hoje mais uma vez quero dar a Ele toda honra. Por Ele e para Ele são todas as coisas!

Agradeço aos meus pais, Nelson e Eliane, que sempre estiveram ao meu lado, dando força, suporte, ânimo, incentivo. Nunca duvidei do quão extraordinários vocês são, e mais uma vez vocês me mostraram isso se doando completamente e realmente colocando a mão na massa para me ajudar! Vocês são maravilhosos e sou grata a Deus por ter me presenteado com dois amigos incríveis como vocês. Obrigada!

Agradeço aos meus irmãos, Heli, Heidi, Helen, Halinne, Hairan, Marcelo e Érika, que me animaram e hoje estão desfrutando juntos comigo desta alegria. Amo vocês!

Agradeço aos meus amigos e irmãos em Cristo, que sempre estiveram dispostos a orar por mim, me incentivar e fizeram uma grande e poderosa torcida. Obrigada, porque vocês puderam compreender quando eu tive que deixá-los por um pouco de tempo, para realizar este trabalho. Especialmente agradeço a Disley, João Paulo, Ariel, Yago, Sílvia, Shara, Mariana, Laise, Mariana Sampaio, Patrícia e Cris que estiveram do meu lado durante todo o percurso.

Agradeço a Cícero que trabalhou muito para elaborar as figuras dos mapas e da asa vetorizada da abelha urucu e também pela amizade e apoio nas horas que mais precisei. Também a Diana pelo incentivo e orações.

Ao Prof<sup>o</sup> Dr. Edilson Divino de Araújo por todo seu apoio, ajuda e orientação, por sua paciência, amizade e disponibilidade. Sua participação foi essencial para meu sucesso e por isso serei sempre grata.

Agradeço a José Dário, que me ajudou procurando meliponicultores em Campina Grande - PB e me acompanhou na coleta, você foi uma bênção para mim, Deus lhe abençoe! Também a Zezinho que me serviu com alegria e que tem lembrado de mim em suas orações e a Valdson que se dispôs a me guiar e me ensinar. Agradeço a Sara, que foi minha companheira na coleta de Natal - RN. Você e sua família fizeram desta viagem um momento de muita alegria e comunhão. Foi o início de uma amizade maravilhosa!

Agradeço aos meus colegas de turma, foi ótimo compartilharmos conhecimento, companheirismo e amizade. Agradeço aos meus colegas de campo, vocês fizeram a etapa difícil parecer um passeio, jamais os esquecerei.

Agradeço a Bergson, bonsaista e meliponicultor em Barra de Santo Antonio - AL, por sua atenção, gentileza, sempre disponível para me dar informações. Gostei demais de conhecê-lo. Agradeço a Iran do Meliponário do Litoral em Macaíba-RN. Fui muito bem recebida. Muito obrigada pela atenção e disposição de servir. Agradeço a Diogo Gallo, que me ajudou no contato com seus pais em Malhador - SE, os quais me receberam e aos meus amigos com muita alegria e cordialidade. Vocês foram muito importante para que eu chegasse até aqui.

A todos os meus colegas do Biomol, especialmente a Rosane, que muito me ajudou com muita paciência e boa vontade, você foi muito importante nessa etapa do meu trabalho. Obrigada amiga. À Prof<sup>a</sup> Dra. Sona Jain por seus ensinamentos que muito me guiaram neste trabalho e por sua amizade que fizeram a caminhada mais suave. Também a Flávia que me serviu com muita disposição.

A prof<sup>a</sup> Doutora Lorena Andrade Nunes por sua imensa boa vontade e paciência ao me apresentar a Morfometria Geométrica e por esclarecer inúmeras dúvidas o que permitiu que esse trabalho fosse desenvolvido.

Agradeço a todos os professores do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação.

Ao Prof<sup>o</sup> Dr. Genésio Tâmara e a Prof<sup>a</sup> Dra. Silmara Pantaleão por suas sugestões para o melhoramento do projeto.

À CAPES pela bolsa de estudos concedida, à PROSGRAP pelo apoio financeiro e à Universidade Federal de Sergipe.

A todos que formaram a minha torcida, àqueles que eu houver esquecido de mencionar, meus agradecimentos e perdão pela falha de memória, que já está bem esgotada.

Por fim, mas não menos importante, agradeço às abelhinhas *Melipona scutellaris*, sem as quais este trabalho não seria possível. Saio desta etapa de minha caminhada com certeza mais rica, de uma riqueza que ninguém pode roubar, que não enferruja com o tempo, que tem valor sem igual: "conhecimento". Muito obrigada e Deus abençoe a todos.

## RESUMO

Esse trabalho teve o objetivo de identificar a estrutura morfométrica populacional em criações de *Melipona scutellaris* nos estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, que estão inseridos na área de ocorrência natural da espécie na região Nordeste do Brasil. Somado a isso foram avaliadas as possíveis diferenças nos níveis de estresse refletidos nas variações morfométricas em colônias criadas em caixas racionais e em cortiço, fornecendo informações que possam contribuir para o manejo adequado e conservação dessas abelhas nativas. O estudo foi desenvolvido no período entre março de 2012 e abril de 2013 abrangendo os Estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, onde foram coletadas 645 operárias forrageiras provenientes de 110 colônias. A análise de agrupamento (UPGMA) foi realizada resultando em três grupos distintos através da determinação do ponto de corte. Foram realizadas as análises multivariadas MANOVA através de Variáveis Canônicas, onde foram calculados a distância de Procrustes e de tamanho do centroide. Os resultados dessa análise apresentaram divergência populacional entre Estados limitados por barreiras geográficas ou por grandes distâncias o que ratificou o que havia sido anteriormente observado nas análises de UPGMA. A variação entre as colônias dos cinco Estados, foi maior que as colônias dentro dos Estados, na maior parte dos casos. A abordagem de Morfometria Geométrica foi eficaz na identificação da origem das colônias transportadas para outros Estados, o que foi observado nas análises de validação cruzada onde houve mais de 70% de acerto na classificação. A abordagem de Morfometria Geométrica pode ser posteriormente utilizada para avaliar a introdução de colônias aparentadas dentro do meliponário, contribuindo, assim para o aumento da variabilidade genética da população de criação. As análises de Assimetria Flutuante foram realizadas, para avaliar o estresse entre criações em caixas racionais e cortiços, utilizando uma ANOVA de Procrustes, e apresentou assimetria flutuante tanto para forma, quanto para tamanho nas duas localidades estudadas, independente do material de criação. No entanto, as colônias criadas em cortiço apresentaram um índice de assimetria flutuante maior em relação às colônias de caixas racionais. Esses resultados mostram que o estresse presente no modo de manejo das caixas racionais é maior e tem maior influência no aparecimento de assimetria flutuante. Também foi possível observar, utilizando-se de uma análise MANOVA de Variáveis Canônicas, que o grupo formado pelas colônias criadas em cortiço apresentou maior variabilidade que as colônias criadas em caixas racionais do modelo INPA, o que sugere que o processo de divisão de colônias diminui a diversidade genética dos meliponários com a utilização de caixas racionais enquanto os cortiços são mais diretamente relacionados ao pool gênico das populações naturais. É possível concluir que apesar da colaboração na conservação de espécies de abelhas nativas, a meliponicultura ainda necessita ajustar seus procedimentos de manejo para não afetar o desempenho das colônias de criação, bem como conhecer a origem das colônias que são introduzidas no meliponário para evitar a diminuição da diversidade genética e o aparecimento de Assimetria Flutuante nas colônias dos meliponários.

**Palavras-chave:** Nordeste Brasileiro, Abelhas sem ferrão, Morfometria Geométrica e assimetria flutuante

## ABSTRACT

This study aimed to identify the morphometric population structure in *Melipona scutellaris* colonies in the states of Bahia, Sergipe, Alagoas, Paraíba and Rio Grande do Norte, which are inserted into the natural range of the species in northeastern Brazil. Added to this were evaluated possible differences in stress levels reflected in morphometric variation in colonies reared in boxes rational and tenement, providing information that may contribute to the proper management and conservation of these native bees. The study was conducted between March 2012 and April 2013, covering the states of Bahia, Sergipe, Alagoas, Paraíba and Rio Grande do Norte, where 645 workers forage were collected from 110 colonies. Cluster analysis (UPGMA) was performed resulting in three distinct groups by determining the cutoff point. Cluster analysis (UPGMA) was performed resulting in three distinct groups by determining the cutoff point. Multivariate analyzes were performed using MANOVA canonical variables, which were calculated Procrustes distance and centroid size. The results of this analysis showed population divergence between states limited by geographical barriers or great distances which ratified what had been previously observed in the UPGMA analysis. The variation between colonies of the five states was higher than the colonies within states, in most cases, Geometric Morphometrics The approach was effective in identifying the source of the colonies transported to other states, which was observed in the validation analysis cross where there was more than 70% accurate in class. The approach of Geometric Morphometrics can later be used to evaluate the introduction of colonies within the kindred meliponary, thus contributing to increased genetic variability of the breeding population. Fluctuating asymmetry analyzes were performed to evaluate stress between rational creations in boxes and tenements, using a Procrustes ANOVA and showed fluctuating asymmetry for both form, as to size in the two study sites, regardless of the material creation. However, the beehive colony created showed an asymmetry index larger floating with respect to rational colonies boxes. These results show that this stress mode rational handling of boxes is larger and has greater influence on the appearance of FA. Was also observed, using a MANOVA analysis of canonical variables, the group formed by colonies reared in tenement showed greater variability than colonies reared in boxes INPA rational model, which suggests that the process of dividing colonies decreases genetic diversity of beehives with the rational use of boxes while tenements are more directly related to the gene pool of natural populations. It was concluded that despite the collaboration in the conservation of species of native bees, beekeeping still need to adjust their management procedures not to affect the performance of breeding colonies, as well as knowing the origin of the colonies that are introduced in order to avoid the decrease meliponary genetic diversity and the appearance of fluctuating asymmetry in the colonies of beehives.

**Keywords:** Brazilian Northeast, stingless bees, Geometric Morphometrics and fluctuating asymmetry

## LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

AL	Alagoas
BA	Bahia
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTF	Cadastro Técnico Federal
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
INPA	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
MANOVA	Multivariate analysis of variance ( Análise de variância multivariada)
<i>M. scutellaris</i>	<i>Melipona scutellaris</i>
PAST	Paleontological Statistics ( Estatísticas Paleontológicas)
PB	Paraíba
PNN	Paulo Nogueira-Neto
RN	Rio Grande do Norte
SE	Sergipe
SISFAUNA	Sistema Nacional de Gestão de Fauna
UESB	Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
UFS	Universidade Federal de Sergipe
UPGMA	Unweighted Pair Group Method
°C	Graus Celsius
°	Graus
'	Minutos

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1. Abelha uruçú (*Melipona scutellaris* Latreille, 1811) 6
- Figura 1.2. Mapa do Nordeste Brasileiro com destaque nos Estados de ocorrência da *Melipona scutellaris* (Latreille, 1811) 7
- Figura 2.1. Mapa da região Nordeste do Brasil com destaque para os municípios onde estão localizados os meliponários utilizados para as coletas 16
- Figura 2.2. Ilustração da asa anterior da abelha *Melipona scutellaris*. As marcações em vermelho indicam a posição dos 10 marcos anatômicos utilizados nas análises morfométricas 17
- Figura 2.3. Análise de agrupamento (UPGMA) relacionando as médias das coordenadas de Procrustes obtidas nas colônias dos Estados apresentando a formação de três grupos estudados. O pontilhado indica o ponto de corte segundo o teste de Calinski e Harabasz (1974). 19
- Figura 2.4. Variação do tamanho do centroide das asas de abelhas uruçú dos Estados da região Nordeste incluídos no estudo 23
- Figura 3.1. Ilustração da asa anterior da abelha *Melipona scutellaris*. As marcações em vermelho indicam a posição dos 10 marcos anatômicos utilizados nas análises morfométricas. 31
- Figura 3.2. Variação de assimetria flutuante na análise de tamanho através da ANOVA de Procrustes comparando as colônias racionais e de cortiço dos Estados de Alagoas e da Paraíba, sendo ALC e ALR colônias em cortiço e em caixas racionais do estado de Alagoas e PBC e PBR, colônias em cortiço e em caixas racionais do estado da Paraíba 33
- Figura 3.3 Variação de assimetria flutuante na análise de tamanho através da ANOVA de Procrustes comparando as colônias criadas em cortiços e em caixas racionais 35
- Figura 3.4. Análise da variação morfométrica utilizando Variáveis Canônicas comparando colônias criadas em caixas racionais e em cortiço 36

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 2.1. Informações sobre as amostras de *Melipona scutellaris* utilizadas, com dados de localização dos meliponários e informação de origem das colônias. 15
- Tabela 2.2. Informações sobre as colônias de abelhas urucu coletadas nos Estados da região Nordeste e sobre o modo de manejo dos meliponários 20
- Tabela 3.1. ANOVA de Procrustes da análise de forma para as colônias racionais onde a interação entre o indivíduo e o lado é a assimetria flutuante. 32
- Tabela 3.2. Tabela 3.3 ANOVA de Procrustes da análise de forma para as colônias criadas em cortiço onde a interação entre o indivíduo e o lado é a assimetria flutuante. 33
- Tabela 3.3. Valores de variância e de significância da ANOVA de Procrustes da análise de assimetria flutuante comparando a variação entre as colônias dos Estados e entre tipos de material de criação 34

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b>	1
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b>	3
Referências bibliográficas	10
<b>2. AVALIAÇÃO MORFOMÉTRICA DE ORIGEM E ESTRUTURAÇÃO POPULACIONAL DE ABELHAS URUÇU (MELIPONA SCUTELLARIS, Latreille, 1811) EM MELIPONÁRIOS DA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL</b>	13
Resumo	13
2.1 Introdução	13
2.2 Material e métodos	15
2.2.1 Área de estudo	15
2.2.2 Aquisição de imagens	16
2.2.3 Análise de dados	17
2.3 Resultados e discussão	18
2.4 Conclusão	25
Referências bibliográficas	26
<b>3. AVALIAÇÃO MORFOMÉTRICA DA ASSIMETRIA FLUTUANTE EM ABELHAS URUÇU (MELIPONA SCUTELLARIS Latreille, 1811) CRIADAS EM CAIXAS RACIONAIS E EM CORTIÇO.</b>	28
Resumo	28
3.1 Introdução	28
3.2 Material e métodos	30
3.2.1 Área de estudo	30
3.2.2 Aquisição de imagens	30
3.2.3 Análise de dados	31
3.3 Resultados e discussão	32
3.4 Conclusão	37
Referências Bibliográficas	38
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	40
<b>ANEXO</b>	41

## APRESENTAÇÃO

A *Melipona scutellaris* (Latreille, 1811) é conhecida popularmente como abelha uruçú, uruçú do Nordeste ou uruçú verdadeira, sendo uma das abelhas sem ferrão mais conhecidas do Brasil. As abelhas uruçú ocorrem naturalmente na região Nordeste do Brasil, sendo considerada uma das principais espécies de *Melipona* da Mata Atlântica, um bioma extremamente degradado, o que resulta em grande risco de extinção dessa espécie em função da perda e/ou modificações de hábitat especialmente associadas às atividades antrópicas. Quanto ao aspecto da meliponicultura, que tem sido utilizada como subsídio para a conservação de espécies nativas, a abelha uruçú é também uma das principais espécies criadas em cortiços e em caixas racionais na região Nordeste, no entanto o perfil das populações e das criações ainda não é suficientemente conhecido.

O presente trabalho aborda duas problemáticas ecológicas utilizando como material de estudo populações da espécie de abelha *Melipona scutellaris* de cinco Estados da região Nordeste do Brasil com ocorrência natural dessa espécie. A primeira questão consiste no número reduzido de informações sobre a variação e/ou identidade populacional de abelhas dessa espécie ao longo do Nordeste brasileiro, especialmente no que diz respeito às criações racionais dessas abelhas e o intercâmbio de colônias entre meliponicultores.

A avaliação das características populacionais em abelhas eussociais tem sido realizada ao longo do tempo por meio da avaliação biométrica utilizando uma abordagem morfométrica tradicional utilizando medidas de distância, ângulos e outras características quantitativas para avaliar a variação ou a similaridade entre os espécimes de uma população ou mesmo de diferentes populações por meio de técnicas de estatística multivariada. O surgimento da morfometria geométrica no final da década de 1980, no entanto, passou a utilizar coordenadas de marcos anatômicos encontrados em diferentes estruturas morfológicas e desenvolveu métodos estatísticos apropriados para a separação de efeitos de forma e tamanho, que não eram adequadamente separados com as técnicas de morfometria convencional. Utilizando técnicas de morfometria geométrica das asas de abelhas é possível realizar um grande número de análises robustas para avaliar a estrutura populacional, discriminando perfeitamente variações de forma e tamanho. Essa abordagem ainda não foi utilizada com *Melipona scutellaris*, configurando um dos objetos desse trabalho.

A segunda abordagem relaciona-se ao possível impacto das caixas racionais e dos cortiços em meliponários. Apesar de ser bastante conhecido que as caixas racionais representem grande avanço para a criação em relação aos cortiços e até mesmo para a conservação de abelhas, não existem estudos que avaliem a existência de diferenças nos níveis de estresse entre esses dois tipos de nidificação. Isso se deve, em parte, ao alto nível de complexidade metodológica para a avaliação

dos níveis de estresse. Entretanto, recentemente foram desenvolvidas técnicas morfométricas para avaliação de assimetria flutuante que vem sendo utilizadas com sucesso como bioindicadores de estresse refletidos no desenvolvimento dos indivíduos, mas que ainda não foi testada nessa espécie. Avaliar a existência de diferenças nos níveis de estresse da colônia refletidos na assimetria flutuante poderá auxiliar no desenvolvimento de melhores modelos de criação racional ou mesmo certificar que as caixas racionais não oferecem níveis de estresse adicionais às colônias de abelhas dessa espécie.

A proposta da dissertação teve como objetivo realizar uma caracterização da divergência morfométrica de abelhas da espécie *M. scutellaris* de meliponários da região Nordeste, Brasil, avaliando a relação entre o modo de manejo com o surgimento de assimetria flutuante nas caixas racionais do modelo INPA em comparação aos cortiços.

Essa dissertação está organizada da seguinte forma: No capítulo 1 é apresentada uma introdução geral com o intuito de fornecer a base teórica sobre a espécie de abelha estudada, seus aspectos ecológicos e sobre a atividade de meliponicultura, além da apresentação da abordagem analítica da morfometria geométrica com alguns exemplos práticos de estudos realizados com morfometria e assimetria flutuante para o conhecimento da diversidade biológica e para a avaliação de fatores de estresse nas populações de abelhas; O capítulo 2 trata do uso da morfometria geométrica como instrumento para a avaliação da divergência populacional e para identificação de origem de determinados grupos de abelhas urucu do Nordeste que foram intercambiados de região pelos meliponicultores; o Capítulo 3 trata da avaliação do estresse em ninhos de urucu por meio do estudo da assimetria flutuante em colônias criadas em caixas racionais e em cortiços. Por último são apresentadas as considerações finais sobre o trabalho realizado. O presente estudo espera contribuir para uma melhor compreensão da estruturação populacional das colônias de abelhas urucu encontradas em meliponários da região Nordeste verificando se a morfometria geométrica poderia contribuir sobre o manejo dessa espécie por meio da identidade populacional, bem como sobre a possível influência do tipo nidificação sobre os níveis de estresse das colônias, o que poderá colaborar na criação de futuras estratégias mais adequadas de manejo e conservação dessa espécie.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

As abelhas participam fortemente do processo de auto regeneração da flora dos ecossistemas tropicais , estando entre os principais polinizadores da Mata Atlântica (Franke et al., 2005). A relação entre abelhas e angiospermas tem sido mantida desde o surgimento das fanerógamas no planeta (Silveira, 2001). Pelo lado das Angiospermas, a sua relação com as abelhas aumentou a garantia do sucesso reprodutivo, uma vez que as abelhas eussociais são os principais polinizadores de um grande número de espécies de plantas que produzem flores principalmente em regiões tropicais (Wilms et al. 1996). Desse modo, muitas espécies se especializaram na oferta de recursos tróficos para as abelhas sociais fornecendo fonte de carboidrato por meio da produção de néctar e fonte de proteínas derivadas do pólen. Nas abelhas, por outro lado, diversas especializações morfológicas foram desenvolvidas para a coleta e transporte dos recursos tróficos provenientes das angiospermas. Portanto, a interdependência entre abelhas e plantas deve ser sempre levada em conta para fins de conservação (Aguilar, 1995).

Contudo, essa dependência fica mais evidente entre as espécies de abelhas eussociais do gênero *Melipona* e espécies arbóreas, já que essas abelhas em situação natural nidificam exclusivamente em ocos encontrados nos troncos dessas espécies (Nogueira-Neto, 1997). Esse comportamento as torna mais frágeis a qualquer mudança na vegetação no entorno do ninho (Kerr, 1997).

As abelhas do gênero *Melipona* possuem colônias perenes e formadas por centenas a milhares de indivíduos divididos em duas castas de fêmeas. A casta operária é geralmente estéril e cuida da manutenção, da proteção da colônia, da alimentação das crias e da rainha e da busca por alimento. O papel do macho seria basicamente copular com as rainhas jovens, e em algumas espécies produzir cera ou desidratar o néctar (Kerr et al., 1996).

Outra característica do gênero *Melipona* é que o estabelecimento de novas colônias também é um aspecto bastante restritivo, uma vez que uma nova colônia precisa ser estabelecida em um novo local de nidificação. Durante esse processo uma rainha virgem é fecundada e ocupará juntamente com um grupo de operárias o novo sítio, mas a relação entre o novo ninho e o parental ainda permanece, pois a medida que a nova colônia está se estabelecendo seus indivíduos ainda buscam recursos no ninho antigo , o que limita fortemente a distância entre colônias. Em função disso, grandes rios, áreas de pastagens ou plantações arbustivas ou herbáceas podem representar um efetivo isolamento populacional. Quanto maior a distância entre os fragmentos maior o empecilho para o fluxo gênico entre as colônias de abelhas desse gênero que como consequência do isolamento populacional teriam uma diminuição no número efetivo populacional e se chegar a um número crítico pode causar extinções locais (Pinto-Coelho, 2007).

Outro fator que causa um decréscimo no número efetivo populacional nesse gênero é a determinação genético alimentar de castas onde a maioria das fêmeas de uma colônia é formada por operárias estéreis, uma menor parte por rainhas virgens (característica própria do gênero *Melipona*) e geralmente uma única rainha fisogástrica. Além da monoginia, as colônias de melíponas geralmente são monoândricas, ou seja, a rainha é fecundada por apenas um macho (Carvalho, Kerr & Nascimento, 1995). Todos esses aspectos mencionados reduzem o número efetivo da colônia, que é formada por milhares de indivíduos, para apenas um macho e uma fêmea reprodutiva, com raríssimas exceções (Kerr et al, 1996).

Somado ao isolamento populacional e a determinação genético alimentar de castas, o sistema haplodiploide de determinação sexual que é comum a todos os himenópteros, os machos são haploides e as fêmeas diploides o que reduz o número de haplótipos na colônia. Além disso, há ainda uma situação anormal de desenvolvimento que é a formação de machos diploides, decorrente da possibilidade de homozigose em um locus de alelos múltiplos associado à determinação do sexo em abelhas, denominado locus Xo (Gempe e Beyer, 2010). O surgimento de machos diploides está relacionado ao tamanho populacional devido a baixa variedade de alelos Xo, como foi observado por Yokoyama e Nei (1979) e Cornuet (1980). Estima-se que o número mínimo de colônias para que uma população de abelhas possua o número mínimo de alelos necessário seja 44 (Kerr e Vencovsky, 1982).

É importante ressaltar ainda, que no gênero *Melipona* quando encontrados machos diploides, que são geralmente inférteis, as operárias alteram seu comportamento e matam todos esses machos e a rainha fisogástrica, que será substituída por uma das rainhas virgens que fará um voo nupcial para tornar-se fisogástrica (Camargo, 1979). Um excesso de machos diploides em uma colônia diminui a força de trabalho da colônia e também o número de abelhas reprodutoras, já que ao invés de nascerem fêmeas, por causa da diploidia nascem machos (Gerloff & Paul Schmid-Hempel, 2005; Hedrick, Gadau & Junior, 2006).

Considerando todas as informações anteriores é fácil entender que populações naturais de abelhas do gênero *Melipona* e criações racionais sofrem grande risco de perda, especialmente em se tratando de pequenas populações locais isoladas de outras populações ou em criações racionais (meliponários) em que o número de haplótipos é baixo (Evans, Shearman & Oldroyd, 2004).

A criação de abelhas da tribo Meliponini, a meliponicultura, é uma atividade que, se feita com o manejo adequado pode ser considerada sustentável, e é um costume tradicional dos povos indígenas, que levou os Meliponini a serem conhecidos como abelhas indígenas sem-ferrão (Kerr et al. 1996). Segundo esses autores, a meliponicultura é uma atividade onde abelhas silvestres nativas são alojadas em colônias depositadas em cabaças, cortiços, caixas rústicas e/ou caixas racionais onde ocorre um manejo com fins lucrativos ou de lazer. Por causa da prática dos meliponicultores

de plantar espécies que fazem parte do conjunto de recursos tróficos das abelhas, seja como base para a nidificação, seja para coleta de néctar e pólen, na área do entorno da criação, a meliponicultura é considerada uma atividade sustentável e de fácil manejo (Câmara, 2004).

Por esta razão, a legislação regularizou a atividade através da lei prevista no artigo 5 da resolução do Conama 346 de 2004 (Instrução Normativa Ibama 169 de 2008, Portaria Ibama 117 de 1997) permitindo a criação, bem como a venda e uso dos produtos de abelhas silvestres nativas, quando autorizados pelos órgãos ambientais competentes. Logo, para tal criação, a lei citada estabelece normas de acordo com as características de cada criação. Ou seja, criadores que possuem menos de 50 colônias em seus meliponários devem apenas se cadastrar no Cadastro Técnico Federal – CTF (Lei 6.938 de 1981) e os que possuem mais devem, além de se cadastrar, obter uma autorização de funcionamento (IN Ibama 169/08 – Sistema Nacional de Gestão de Fauna – Sisfauna). Como se pode ver, essas normas buscam limitar a captura de abelhas silvestres bem como permite a utilização da criação de abelhas sem-ferrão como estratégia de conservação das espécies.

A atividade de criação de abelhas sem ferrão, apesar de ter sua dose de contribuição na conservação das espécies, tanto de abelhas como da flora associada, também pode causar danos às espécies associadas, se não possuir o manejo adequado. Um exemplo disso é a criação tradicional realizada por indígenas e por populações tradicionais, que geralmente é feita em cortiços originados de ninhos encontrados em troncos na floresta que são arrancados e transportados para locais próximos às moradias dos criadores, onde são dependurados horizontalmente para exploração de mel de forma extremamente rudimentar, com alta probabilidade de perda da colônia tanto no processo de retirada dos cortiços, quanto durante a extração de mel de outros elementos da colônia, tradicionalmente utilizados na medicina popular. (Kerr et al.,1994). Esses autores explicaram que durante esses eventos a perda de parte da população de operárias, a destruição de favos de cria e a morte da rainha estão entre os principais fatores de perda da colônia.

É possível observar, então, que a meliponicultura, apesar de ser uma atividade tradicional, ainda necessita de ajustes no seu modo de manejo. Principalmente no que diz respeito ao modo de multiplicação de colônias, o que influencia no desenvolvimento das mesmas. Somado a isso, outros fatores dificultam a dinâmica das colônias. Entre esses fatores, pode-se observar que em criações de meliponíneos, que a reprodução é basicamente limitada ao ambiente do meliponários em função da distância de voo dos zangões e da rainha que se limitam a área de forrageio dos mesmos, ou mesmo pela dependência da colônia-filha em relação à colônia-mãe que cede recursos até que a colônia-filha se estabeleça (Kerr et al., 1996). Isso acarreta num possível aumento no índice de endogamia, na diminuição da variação dos alelos X0 e conseqüentemente na maior probabilidade do aparecimento de machos diploides, já que uma alta taxa de cruzamentos entre família diminuiria a

variabilidade genética (Cook e Crozier, 1995).

Deste modo, para aumentar a variabilidade genética nos meliponários, os meliponicultores são estimulados a comprar ou trocar colmeias com outros criadores (Villas-Bôas, 2012). No entanto, a legislação brasileira limita essa troca à área geográfica de cada espécie, como prevê o artigo 6º da Resolução do Conama nº 346/2004. Essa resolução, no entanto, não fornece um controle de origem geográfica das colônias o que faz com que às vezes colônias aparentadas sejam colocadas no mesmo meliponário.

Com efeito, uma das espécies que é mais remanejada é a uruçú (*Melipona scutellaris*), por sua alta capacidade adaptativa aos diversos ambientes, sendo transportada para diversas áreas. Incluindo, em algumas situações, algumas que não fazem parte de sua área de ocorrência natural mantendo, ainda nesse caso, o bom desempenho das colônias (Villas-Bôas, 2012). Caracterizada pelo tamanho avantajado em comparação com algumas abelhas *Melipona* e por suas faixas brancas no abdome, a abelha uruçú (Figura 1.1) ocorre naturalmente em quase todo o Nordeste brasileiro, como apresentado na Figura 1.2, sendo observada em ambiente natural desde o Ceará até a Bahia (Alves et al., 2012).



Figura 1.1 : Abelha uruçú (*Melipona scutellaris* Latreille, 1811)

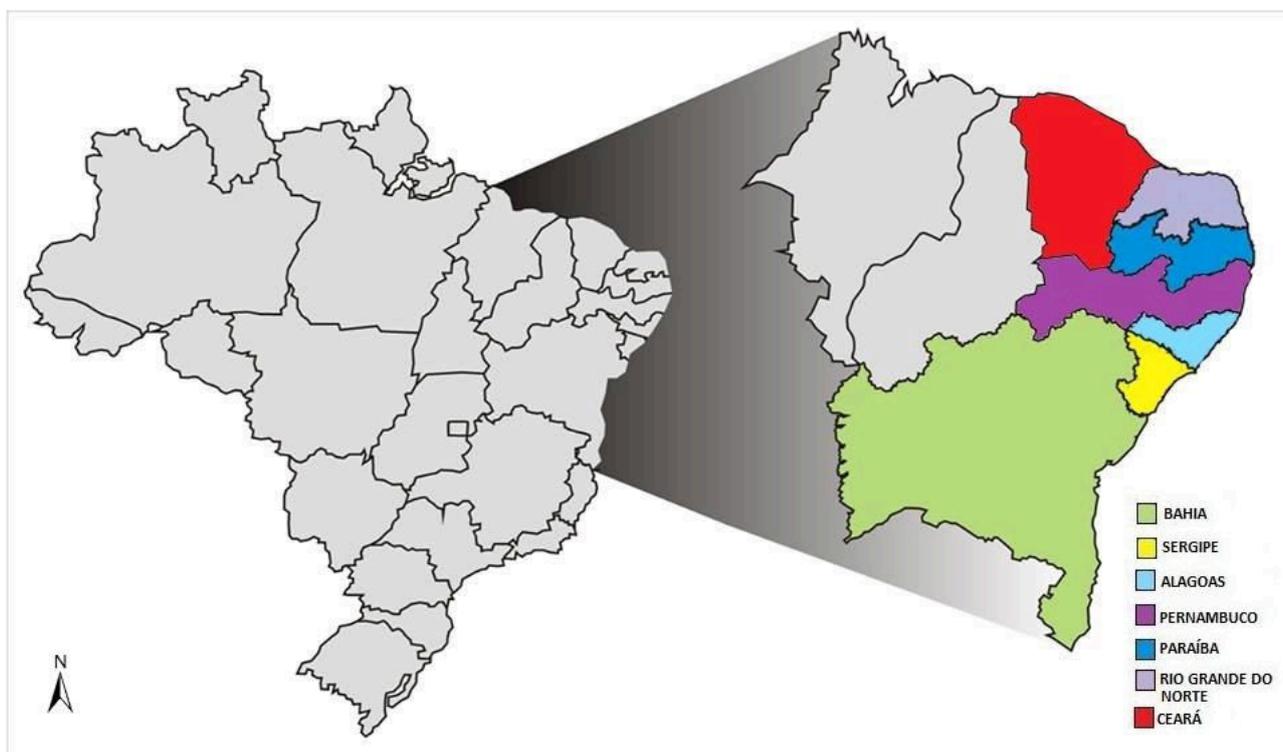


Figura 1.2. Mapa do Nordeste Brasileiro com destaque para os Estados de ocorrência da *Melipona scutellaris* (Latreille, 1811)

Fonte: SANTOS, C.R. Arquivo pessoal. 2013

Algumas abordagens são importantes para auxiliar no estudo dessa abelha tão utilizada na meliponicultura, como é o caso da morfometria que torna possível a verificação de divergência entre os grupos e melhorar o controle do transporte de colônias. Essa abordagem tem como objetivo estudar a fonte da variação da morfologia das espécies e qual a direção dessa alteração (Reis, 1988). A morfometria tradicional é utilizada para avaliar essas variações morfométricas entre diferentes populações de abelhas e relacionar essas variações com fatores ambientais (Nunes et al., 2007).

Essa metodologia de avaliação biométrica de populações biológicas, vem sofrendo uma grande revolução tecnológica e de métodos nas últimas três décadas. Tradicionalmente tais análises eram relacionadas às técnicas de morfometria que utilizavam medidas de distância, ângulos e outras características quantitativas para avaliar a variação ou a similaridade entre os espécimes de uma população ou mesmo de diferentes populações, por meio de técnicas de estatística multivariada. No entanto, o surgimento da morfometria geométrica no final da década de 80 passou a utilizar coordenadas de marcos anatômicos encontrados em diferentes estruturas morfológicas e desenvolveu métodos estatísticos apropriados para a separação de efeitos de forma e tamanho, que não eram adequadamente separados na morfometria convencional. A morfometria apresenta a morfometria geométrica como uma técnica que se utiliza de marcos anatômicos, que são pontos que ajudam a identificar as mudanças ocorridas em estruturas homólogas e compará-las com outros espécimes de diferentes lugares e/ou condições ambientais e avaliar se existe alguma influência

ambiental nessa mudança (Francoy et al., 2008).

A morfometria geométrica possui uma precisão que não se limita a variações maiores entre espécies mas, variações intraespecíficas também, permitindo identificar a origem das colônias em estudos com abelhas do gênero *Melipona* bem como a identificar subespécies dentro de uma mesma espécie (Francoy et al., 2008). Francoy et al. (2008) utilizou dessa precisão de análises de dados para o conhecimento da estrutura populacional e para identificação de origem das colmeias de forma eficiente, o que permitiu descobrir colônias aparentadas dentro de uma mesma área.

Através da morfometria geométrica, é possível discriminar colônias de diferentes localidades com precisão sendo eficazes na rastreabilidade geográfica de colônias de modo eficiente e rápido (Francoy et al., 2011). Bem como classificar colônias de uma espécie de abelha, quando localizada em distintos países, apenas comparando as modificações no padrões de forma e tamanho das asas o que pode contribuir significativamente na meliponicultura, que tem por prática a introdução de diferentes colônias num mesmo meliponário (Francoy et al., 2009).

Outra problemática encontrada no desenvolvimento das colônias dos meliponários é o efeito da ação do manejo nas criações de abelhas eussociais. Segundo Markow (1995), é natural que não só as abelhas, mas todos os seres vivos, sofram mudanças no fenótipo que são, em sua maior parte, resultantes de uma plasticidade fenotípica que permite a adaptação as mudanças ambientais sem que seja necessário uma mudança no genoma. No entanto, algumas mudanças são observadas em nível de gene e são influenciadas por modificações ambientais.

Essas mudanças que ocorrem em caracteres que possui uma forma regular e em seres com simetria bilateral de forma aleatória, são chamadas de assimetria flutuante. Assim a variabilidade fenotípica e genotípica tem a tendência a ser elevada sob condições de estresse ambiental, a que em muitos casos são desencadeados por ações antrópicas (Parsons, 1991).

Desse modo, como essa mudança é controlada por mecanismos genéticos é possível então observar a influência da seleção sobre os genes que estão no mesmo grupo, permitindo também realizar uma projeção das mudanças ocorridas em populações naturais. Através do estudo da assimetria flutuante pode-se observar diferenças entre populações que estão sofrendo algum tipo de pressão diferente, já que em organismos de simetria bilateral existem uma relação entre os dois lados do corpo, e avaliar se essas pressões estão dentro do limite adaptativo das populações ou se são nocivas ao bom funcionamento da dinâmica populacional (Lomônaco & Germanos, 2001).

A assimetria pode ser utilizada para observar a influência das ações antrópicas nas mudanças ocorridas nos indivíduos. Essa abordagem foi utilizada por Reis et. al. (2001) quando ele avaliou as mudanças ocorridas em indivíduos da espécie *Erythrodiplax basalis* (Libellulidae: Odonata) em área com mata ciliar comparando-as com características de organismos dessa mesma espécie em uma área onde a mata ciliar foi retirada, sendo que esses últimos apresentavam

assimetria flutuante.

A análise de assimetria flutuante utilizando morfometria geométrica pode ser utilizada em populações de abelhas constatando que um fator de estresse ambiental pode influenciar no surgimento de assimetria flutuante. Essa metodologia foi utilizada em estudos com abelhas da subtribo Euglossina (Hymenoptera: Apidae) avaliando populações em áreas de Floresta Estacional Semidecidual e em bordas de mata onde havia uma intensa ação antrópica em épocas de chuva e frio e em épocas de seca e calor, constatando que havia uma variação de tamanho apenas quando variava a temperatura, relacionando assim o fator causador de estresse às modificações morfológicas nos indivíduos (Silva, 2007).

Apesar da precisão da morfometria geométrica e dos diversos usos dos estudos com assimetria flutuante ainda existe uma carência em estudos que relacionem o modo de manejo utilizado na meliponicultura com o surgimento de assimetria flutuante em asas de abelhas. Sendo necessário esse estudo, afinal, a extração de mel em colônias alojadas em cortiço é utilizada uma técnica rudimentar onde os potes de mel são rompidos com a ajuda de um pedaço de madeira e o cortiço é virado e o mel coletado, causando estresse a colônia (Nogueira-Neto, 1997).

No processo de criação racional de abelhas sem ferrão, diferentemente da apicultura, onde a tecnologia está voltada para uma única espécie de abelha *Apis mellifera*, com o desenvolvimento de um modelo de caixa racional bem estabelecido e utilizado em todo o mundo, existem dezenas de modelos propostos para caixas racionais de meliponíneos envolvendo mais de uma centena de espécies. Como exemplo temos as caixas racionais voltadas principalmente para a produção de mel, como é o caso do modelo Paulo Nogueira-Neto (PNN) ou caixas que favorecem a multiplicação de colônias como é o caso do modelo INPA, principal modelo utilizado na atualidade (Kerr, 1996; Nogueira-Neto, 1997).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, C.M.L. 1995. Abundância, diversidade e fenologia de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) da Caatinga (São João do Cariri, PB) e suas interações com a flora apícola. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba. 104p
- ALVES, R.M.O.; CARVALHO, C.A.L.; SOUZA, B.A. and SANTOS, W. S. 2012. Areas of natural occurrence of *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 (Hymenoptera: Apidae) in the state of Bahia, Brazil. *An. Acad. Bras. Ciênc.* 3: 679-688.
- CÂMARA, J. Q. Et al. 2004. Estudos de meliponíneos, com ênfase a *Melipona subnitida* D. no município de Jandaíra, RN. *Revista de Biologia e Ciências da Terra.* 4: 20.
- CAMARGO, C.A. Sex determination in bees. 1979. XI Production of diploid males and sex determination in *Melipona quadrifasciata*. *J. Apic. Res.* London. 18(2): 77-84.
- CARVALHO, G. A., KERR, W. E. & NASCIMENTO, V. A. 1995. Sex determination in bees. XXXIII. Decrease of *xo* heteroalleles in a finite population of *Melipona scutellaris* (Apidae, Meliponini). *Braz. J. Gen.* 18: 13-16.
- COOK, J.M. & CROZIER, R.H. 1995. Sex determination and population biology in the hymenoptera. *Trends In Ecology & Evolution.* 10: 281-286.
- CORNUET, J.M. 1980. Rapid estimation of the number of sex alleles in panmitic honeybee populations. *Journal of Apicultural Research.* 19: 3-5.
- EVANS, J.D.; SHEARMAN, D.C.A.; OLDROYD, B.P. 2004. Molecular basis of sex determination in haplodiploids. *Trends in Ecology and Evolution*, v19.
- FRANCOY, T.M.; et al. 2008. Identification of Africanized honey bees through wing morphometrics: two fast and efficient procedures. *Apidologie, Versailles.* 19: 1-7.
- FRANCOY, T.M., QUEZADA-EUÁN, J.J., IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. 2009. Identification of stingless bee species through geometric morphometrics of wings. 10º INTECOL. Ecology in a changing climate. Fapesp.
- FRANCOY ET AL. 2011. Geometric morphometrics of the wing as a tool for assigning genetic lineages and geographic origin to *Melipona beecheii* (Hymenoptera: Meliponini). *Apidologie.* 42:499–507.
- FRANKE, R.; ROCHA, P.L.B.; KLEIN, W.; GOMES, S.L. 2005. *Mata Atlântica e Biodiversidade.* Ed. Salvador: EDUFBA. 1: 474.
- GEMPE, T.; BEYER, M. 2010. Function and evolution of sex determination mechanisms, genes and pathways in insects. *Bioessays*, 33: 52-60.
- GERLOFF CU & SCHMID-HEMPEL P. 2005. Inbreeding depression and family variation in a social insect, *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). *Oikos* 111: 67-80.
- KERR, W.E. (1994). Communication among *Melipona* workers (Hymenoptera, Apidae). *J. Insect Behav.* 7: 123-128.

- KERR WE et al. 1996. A abelha Uruçu. Fundação Acangau. 145p.
- KERR, W.E. 1997. Meliponicultura: A importância da meliponicultura para o país. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, n.3.
- KERR, W.E. E VENCOVSKY, R. 1982. Melhoramento genético em abelhas. I. Efeito do número de colônias sobre o melhoramento. *Rev. Brasil Genet.* V: 279-285p.
- LOMÔNACO C & GERMANOS E. 2001. Variações fenotípicas em *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) em resposta à competição larval por alimento. *Neotrop Entomol* 30: 223-231.
- MARKOW, T.A. 1995. Evolutionary ecology and developmental instability. *Annual review of entomology*. Stanford. 40: 105-120.
- NOGUEIRA-NETO, P. 1997. Vida e criação de abelhas sem ferrão. Ed. Nogueirapis.São Paulo. 445p.
- NUNES et. al. 2007. Divergência genética em *Melipona scutellaris* Latreille (Hymenoptera: Apidae) com base em caracteres morfológicos. *Biosci. J. Uberlândia*, 23: 1-9.
- PARSONS, P.A. 1991. Fluctuating asymmetry: a biological monitor of environmental and genomic stress. *Heredity*, London, 68: 361–364.
- PINTO-COELHO, R.M. 2007. Fundamentos em Ecologia. Porto Alegre: Artmed.
- REIS , S.F . 1988. Morfometria e estatística multivariada em biologia evolutiva. *Rev.bras.Zoo.* 5: 571-580.
- REIS, EF., PINTO, NS., CARVALHO, FG. and JUEN, L. 2011. Efeito da integridade ambiental sobre a assimetria flutuante em *Erythrodiplax basalis* (Libellulidae: Odonata) (Kirby). *Entomobrasilis.* 4(3): 103-107.
- RESOLUÇÃO CONAMA Nº 346 de 16 de Agosto de 2004. Dispõe disciplina a utilização das abelhas silvestres nativas, bem como a implantação de meliponários. *Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 de Agosto de 2004.* p. 070 .
- SILVA, C. DA. 2007. Variação morfológica e assimetria flutuante de abelhas euglossinas (Hymenoptera, Apidae) em diferentes áreas e estações distintas em uma reserva de floresta estacional semidecidual. *Dissertação Imestrado) – Universidade Federal de Uberlândia.* 43p.
- SILVEIRA, M. S. 2001. Levantamento preliminar da fauna apícola (hymenoptera: Apoidae) na serra de Itabaiana-SE. Universidade Federal (PIBIC-CNPq/UFS).
- SIQUEIRA, E.L.; MARTINES, R.B.; NOGUEIRA-FERREIRA, F.H. 2007. Ninhos de abelhas sem ferrão (hymenoptera, meliponina) em uma Região do Rio Araguari, Araguari-Mg. *Biosci. J., Uberlândia*, 23: 38-44.
- VILLAS-BÔAS, J. 2012. Manual Técnico: Mel de abelhas sem ferrão. Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN). Brasília.96 p.

WILMS , W.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. & ENGELS, W. 1996. Resource partitioning between highly eusocial bees and possible impact of the introduced Africanized honey bee on native stingless bees in the brasilian atlantic rainforest. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 31: 137-151.

YOKOYAMA, S. & NEI, M. 1979. Population dynamics of sex-determining alleles in honey bees and self-incompatibility alleles in plants. *Genetics* 91: 609-626.

## **2.AVALIAÇÃO MORFOMÉTRICA DE ORIGEM E ESTRUTURAÇÃO MORFOMÉTRICA POPULACIONAL DE ABELHAS URUÇU ( MELIPONA SCUTELLARIS, Latreille, 1811) EM MELIPONÁRIOS DA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL.**

### **Resumo**

Foi avaliada a estrutura morfométrica de populações de abelhas sem ferrão da espécie *Melipona scutellaris* (Latreille, 1811), criadas em meliponários localizados nos estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte do Nordeste Brasileiro onde existe ocorrência natural dessa espécie. Utilizando-se a abordagem de morfometria geométrica para forma e tamanho da asa anterior direita foi comparada a divergência morfométrica dentro de cada Estado e entre os Estados levando também em consideração o local de origem de cada colônia. A análise de agrupamento (UPGMA) resultou na formação de três grupos distintos, através da determinação do ponto de corte. As análises de Variáveis Canônicas através da MANOVA demonstraram que colônias de Estados mais próximos, como as colônias dos Estados de Sergipe e da Bahia, e as da Paraíba e do Rio Grande do Norte, apresentaram maior similaridade quando comparada a forma da asa. Resultado contrário foi observado com as colônias do Estado de Alagoas que por ser distante dos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, apresentaram diferença significativa entre elas. As colônias de Sergipe e Bahia diferiram das do Estado de Alagoas. Mesmo sendo Estados vizinhos, Alagoas e Sergipe apresentam limitações quanto ao fluxo gênico entre suas colônias possivelmente em função da barreira geográfica do Rio São Francisco que parece funcionar de forma efetiva. Também foi observado que a diversidade nas criações dentro de cada Estado está relacionada com o modo de reprodução de colônias realizada pelos meliponicultores, ao tamanho populacional e a introdução de colônias de origens diferentes. A morfometria geométrica é uma ferramenta útil para avaliação de origens de colônia contribuindo para uma melhor organização no que diz respeito ao transporte de colônias entre os Estados e na manutenção da variabilidade genética dentro dos meliponários.

**Palavras-chave:** Nordeste, Morfometria Geométrica, diversidade, origem de colônias

### **2.1 Introdução**

A meliponicultura é uma atividade onde abelhas silvestres nativas são alojadas em colônias depositadas em cabaças, cortiços, caixas rústicas ou caixas cientificamente desenvolvidas, denominadas caixas racionais, onde ocorre o manejo das colônias com fins lucrativos e/ou de lazer (Kerr et al, 1996). A criação de abelhas eussociais nativas é um costume tradicional dos povos indígenas, que levou os meliponíneos a serem conhecidos como abelhas indígenas sem-ferrão ou simplesmente abelhas sem ferrão (Villas-Bôas, 2012).

Visando aprimorar a atividade de criação de abelhas, os meliponicultores são orientados a manter a diversidade genética dentro dos meliponários. Uma das estratégias adotada pelos criadores de abelhas sem ferrão é manter um número mínimo de 44 colônias o que diminui a depressão endogâmica e a probabilidade de aparecimento de machos diploides (Kerr & Vencovsky, 1982).

Outra estratégia para evitar o aparecimento de machos diploides na criação de abelhas em decorrência da homozigose do locus Xo é introduzir colônias de meliponários de localidades diferentes, diminuindo o parentesco entre elas (Villas-Bôas, 2012).

Quanto aos aspectos legais da meliponicultura e do transporte de colônias de abelhas, a

legislação brasileira só permite a introdução de colônias em localidades que estejam incluídas na área de ocorrência natural como é citado no artigo 6º da Resolução do Conama nº 346/2004:

“(…) Art 6º - O transporte de abelhas silvestres nativas entre os Estados será feito mediante autorização do IBAMA, sem prejuízo das exigências de outras instâncias públicas, sendo vedada a criação de abelhas nativas fora de sua região geográfica de ocorrência natural, exceto para fins científicos (…)”.

Pela falta de conhecimento da estrutura genética populacional, muitas vezes colônias aparentadas são introduzidas nos meliponários e tem como consequência desse manejo sem conhecimento o aumento da endogamia o que pode causar o declínio de uma colônia (Cook & Crozier,1995). Como não existe um controle eficiente sobre a trajetória de deslocamento das colônias se tornou necessário o uso de técnicas que auxiliem a identificar a origem das colônias que são retiradas de seu lugar de origem e levadas a outras regiões (Villas-Bôas, 2012).

Nas últimas três décadas o estudo das populações de abelhas experimentou uma revolução tecnológica, sendo que parte desse avanço pode ser atribuído ao desenvolvimento da morfometria geométrica, uma nova ciência na fronteira da Estatística, Geometria e Biologia que permitiu a utilização de dados de coordenadas de marcos anatômicos para a avaliação de forma e tamanho de estruturas biológicas (Monteiro & Reis, 1999). Por outro lado, os avanços tecnológicos modernizaram o setor computacional produzindo softwares que auxiliam na caracterização da identidade populacional de abelhas utilizando a abordagem morfométrica (Francoy & Fonseca, 2010).

Trazendo inovações à morfometria tradicional, a morfometria geométrica tem se mostrado apta a responder inúmeras questões relacionadas às espécies dos Himenópteros possibilitando não só identificação de variações entre espécies, mas também dentro da própria espécie, conseguindo agrupar subespécies através de diferenças encontradas entre os marcos anatômicos (Owen, 2012). Estudos já apontam que a morfometria geométrica é um instrumento eficaz na avaliação da identidade populacional em grupos de abelhas, podendo associar essas variações encontradas a fatores ambientais como distância geográfica e diferenças entre ecorregiões (Nunes et al., 2012).

É possível, ainda, utilizar a morfometria geométrica na realização de estudos, como técnica de escolha, com abelhas do gênero *Melipona* observando sua eficácia na rastreabilidade geográfica de colônias de modo eficiente e rápido (Francoy et al., 2011).

Através do uso da morfometria geométrica é possível identificar populações de países diferentes da mesma espécie de abelha, comparando a variação na venação das asas. Essa abordagem pode ser utilizada no rastreamento de colônias, contribuindo significativamente para a meliponicultura (Francoy et al., 2009).

O presente trabalho visa analisar a estrutura morfométrica populacional avaliando a diversidade morfométrica dentro dos meliponários e entre cinco diferentes Estados localizados na zona de ocorrência natural dessa espécie na região Nordeste, bem como verificar a possibilidade de identificação de origem de colônias através do uso da Morfometria Geométrica.

## 2.2 Material e Métodos

### 2.2.1 Área de estudo

Para esse estudo foram coletadas abelhas da espécie *Melipona scutellaris* nos estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte que estão incluídos na região de ocorrência natural dessa espécie no Nordeste brasileiro, coletadas entre julho de 2012 e abril de 2013, discriminadas na Tabela 2.1. Foram coletados 645 espécimes de abelhas operárias provenientes de 110 colônias apresentados na Figura 2.1. Após a coleta, os espécimes foram acondicionados em tubos tipo falcon com álcool 70%, identificados por colônia e armazenados sob refrigeração a -20°C.

Tabela 2.1. Informações sobre as amostras de *Melipona scutellaris* utilizadas, com dados de localização dos meliponários e informação de origem das colônias.

Estado	Município	Localização do Meliponário	Número de Colônias/espécimes	Origem Geográfica da Linhagem
Alagoas	Barra de Santo Antônio	09°24'18" S e 35°30'25" O	28/258	Alagoas
Bahia	Cruz das Almas	39°06'26"S e 12°40'39"O	11/105	Bahia
Paraíba	Lagoa Seca	07° 10' 15" S e 35° 51' 13" W	33/106	Paraíba
Rio Grande do Norte	Macaíba	5° 51' 36" S e 35° 20' 59" O	03/26 04/19 07/36	Rio Grande do Norte Pernambuco Bahia
Sergipe	São Cristóvão Malhador	10°55'35"S e 37°6'14"W 10° 39' 28" S e 37° 18' 17" W	11/32 14/64	Bahia Sergipe

Foram obtidas também informações sobre o meliponário durante a coleta através da

aplicação de um questionário (anexo1) que serviu para acrescentar informações sobre os dados zootécnicos, tais como origem das colônias e o grau de parentesco entre elas, que forma discriminados na Tabela 2.1.

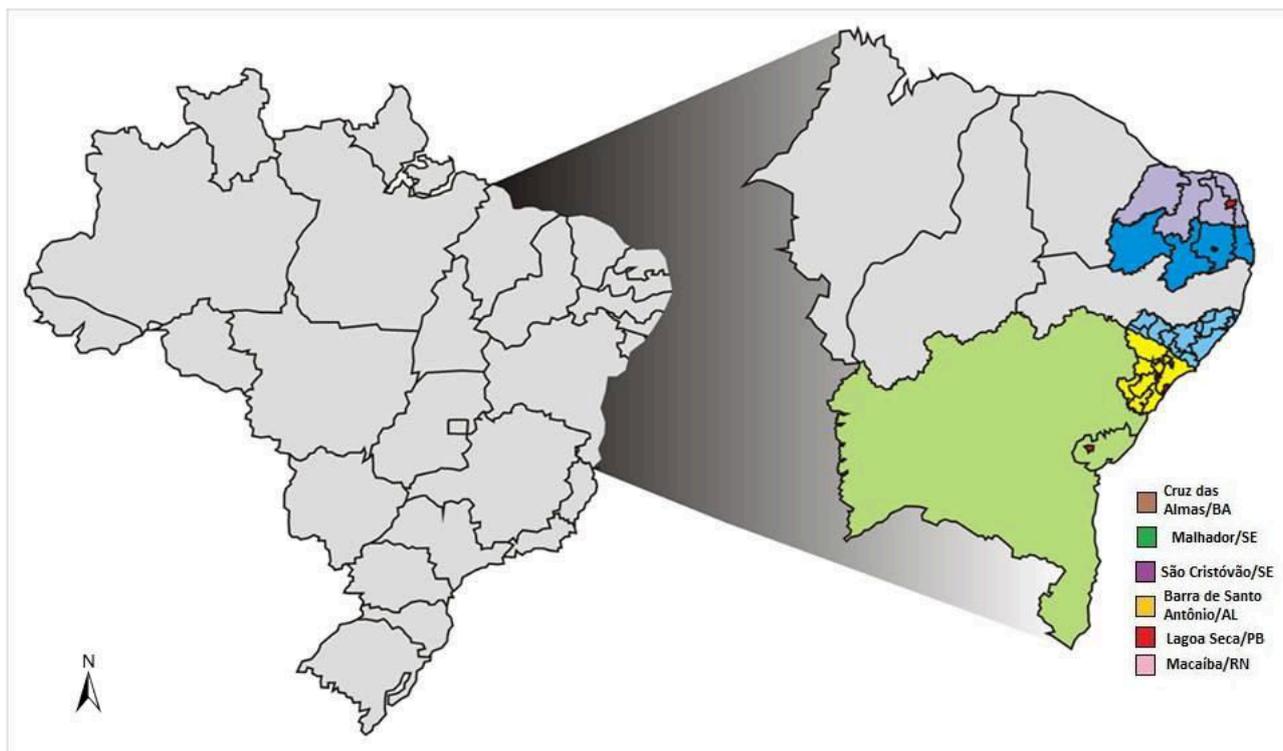


Figura 2.1. Mapa da região Nordeste do Brasil com destaque para os municípios onde estão localizados os meliponários utilizados para as coletas das amostras de *Melipona scutellaris*

Fonte: SANTOS, C.R. Arquivo pessoal. 2013

### 2.2.2 Aquisição de imagens

Para a obtenção das imagens, as asas anteriores direitas das operárias amostradas foram dissecadas com auxílio de uma pinça e posteriormente estendidas em lâminas com esmalte incolor. Após a preparação das lâminas semi-permanentes as asas foram fotografadas utilizando-se de uma câmera digital acoplada a um estereomicroscópio.

As imagens digitalizadas foram arquivadas em computador e organizados por localidade. Utilizando o software tpsUtil versão 1.40 (Rohlf 2008a) foi criado um arquivo TPS a partir das imagens armazenadas. Em seguida foram registrados 10 marcos anatômicos (Figura 2.2) nas posições de interseção de nervuras utilizando o programa tpsDig2, versão 2.12 (Rohlf 2008b) que por sua vez foram transformados em matrizes de coordenadas cartesianas utilizadas nas análises morfométricas.

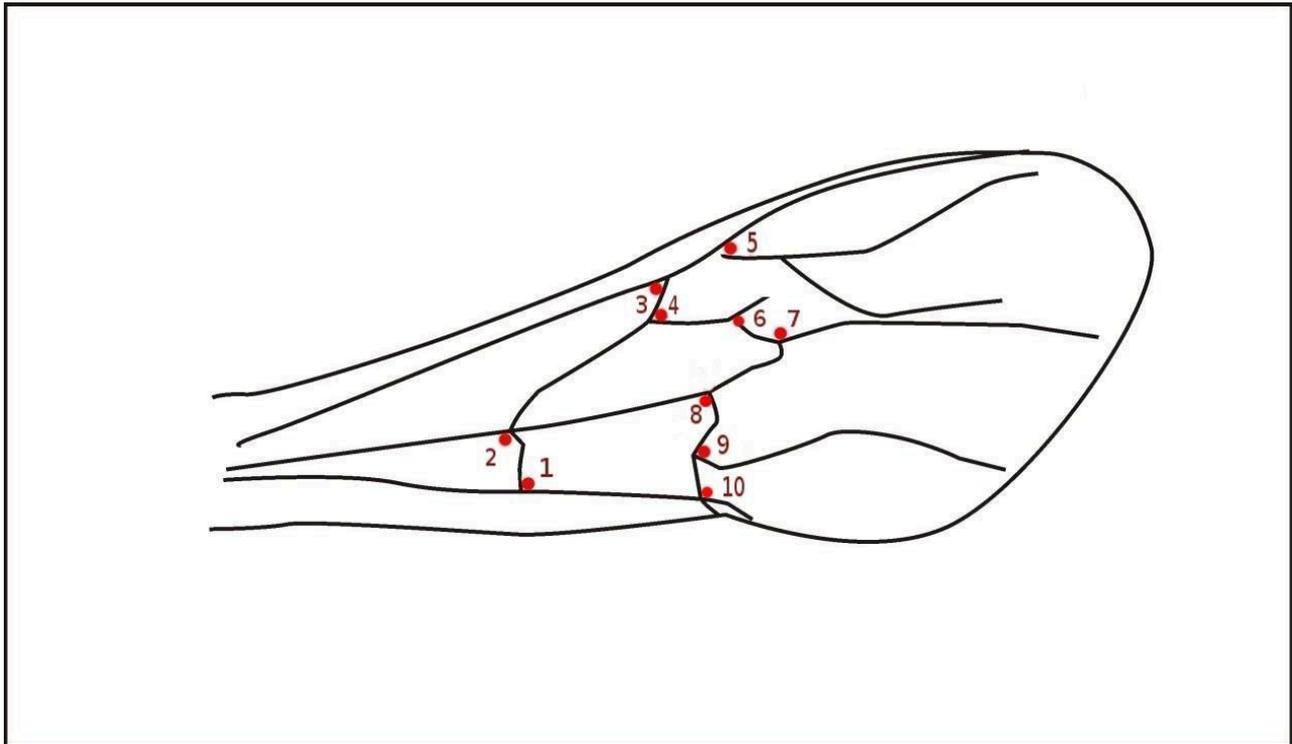


Figura 2.2. Ilustração da asa anterior da abelha *Melipona scutellaris*. As marcações em vermelho indicam a posição dos 10 marcos anatômicos utilizados nas análises morfométricas.

Fonte: SANTOS, C.R. Arquivo pessoal. 2013

#### 2.2.4 Análise dos dados

As matrizes das coordenadas de marcos anatômicos obtidas foram processadas utilizando métodos de estatística multivariada por sobreposição de Procrustes pelo método dos quadrados mínimos e a obtenção da matriz de covariância foi realizada utilizando-se do programa MorphoJ (Klingenberg, 2011).

A análise de agrupamento (UPGMA) utilizou a matriz de coordenadas de Procrustes avaliando a distância entre os grupos (Dias, 1998). A análise de agrupamento (UPGMA) foi realizada com a utilização do software Past (Hammer, Harper & Ryan, 2001). O ponto de corte para a análise de agrupamento foi estabelecido por meio do método de Calinski e Harabasz (1974) e calculado pela fórmula abaixo:

$$CH(q) = \frac{\text{trace}(Bq)/(q-1)}{\text{trace}(Wq)/(n-q)}$$

Onde:

$Wq = \sum_{k=1}^q \sum_{i \in C_k} (x_i - C_k) (x_i - C_k)^T$  é a matriz de dispersão dentro do grupo para dados agrupados.

$Bq = \sum_{k=1}^q n_k * (C_k - C) (C_k - C)^T$  é a matriz de dispersão entre os grupos para os dados agrupados.

$x_i$  = vetor p-dimensional de observações do objeto em um conjunto k.

$C_k$  = centróide do conjunto k

$C$  = baricentro da matriz de dados

$n_k$  = número de objetos no cluster  $C_k$

As análises de variáveis canônicas (AVC) e a MANOVA, foram realizadas para avaliar a diferença entre os grupos definidos previamente (Monteiro e Reis, 1999). Para a análise de tamanho, através do tamanho do centróide, uma One-Way ANOVA foi realizada, assim como a AVC e a MANOVA, com a utilização do software Past (Hammer, Harper & Ryan, 2001).

Foi realizada também a análise de validação cruzada para medir a precisão dos dados e a correta taxa de atribuição dos indivíduos em suas respectivas localizações utilizando o software livre R versão 3.0.1.

## 2.3 Resultados e Discussão

A avaliação da diferença entre as colônias dos diferentes Estados através da análise de agrupamento (UPGMA) resultaram na formação de três grupos distintos o que pode ser observado na Figura 2.4. O primeiro, composto pelas colônias dos estados da Bahia e de Sergipe; o segundo pelas colônias da Paraíba e Rio Grande do Norte e o terceiro grupo foi formado apenas por colônias do Estado de Alagoas, que se diferenciaram de forma significativa dos outros grupos, de forma tal a formar um grupo totalmente separado. O teste de Calinski e Harabasz (1974) apontou a formação desses três grupos através da determinação do ponto de corte.

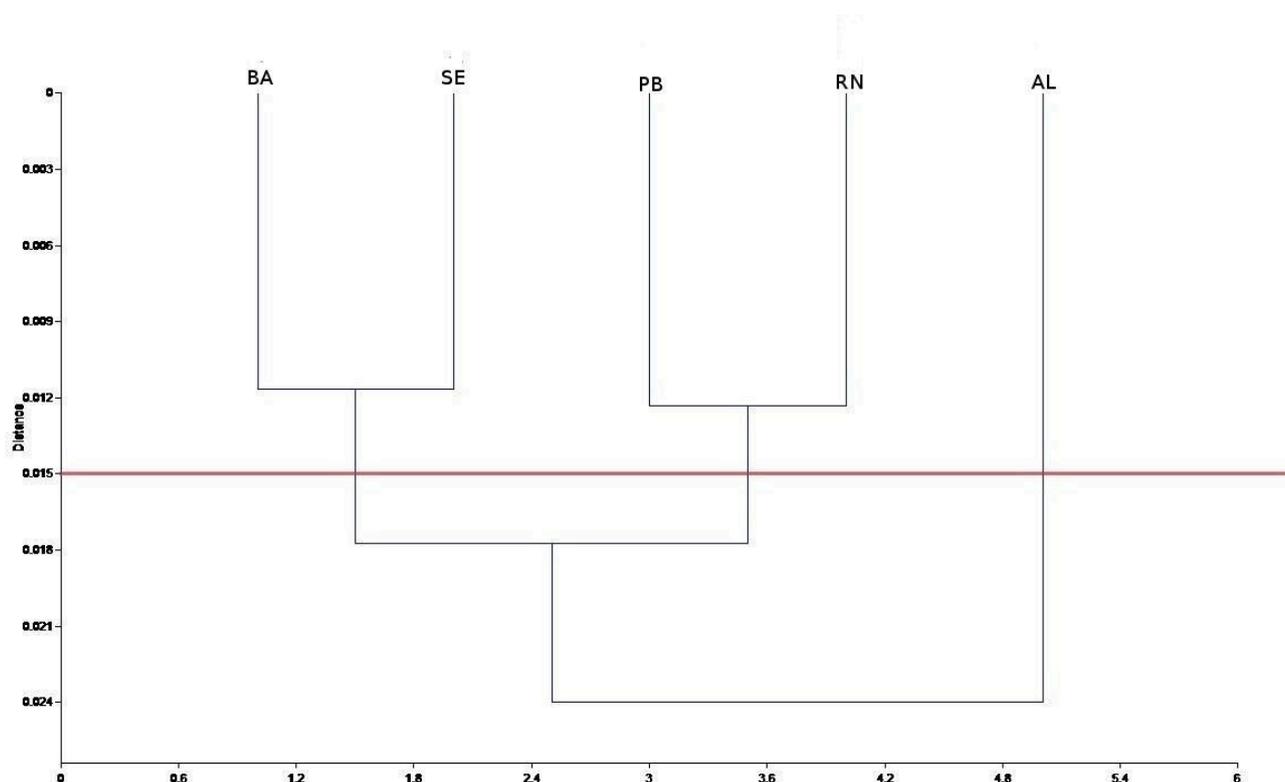


Figura 2.3. Análise de agrupamento (UPGMA) relacionando as médias das coordenadas de Procrustes obtidas nas colônias dos Estados apresentando a formação de três grupos estudados. A linha vermelha indica o ponto de corte segundo o teste de Calinski e Harabasz (1974).

Dados semelhantes aos encontrados na análise de agrupamento foram observados através de análises de variáveis canônicas, através de MANOVA, sendo necessárias apenas as duas primeiras variáveis canônicas para explicar 88% das variações totais encontradas entre os grupos. Os resultados ratificaram que as colônias de Alagoas formaram um grupo a parte em relação às colônias das outras localidades. Enquanto Bahia e Sergipe mantiveram uma maior proximidade, assim como Paraíba e o Rio Grande do Norte.

As colônias do Estado de Alagoas, apesar da proximidade com os Estados da Bahia e de Sergipe, apresentam uma divergência significativa, em ambos os casos  $P < 0,006$ . Uma causa provável dessa divergência, pode ser a presença de uma forte barreira geográfica representada pelo rio São Francisco, que limita o Estado de Alagoas e de Sergipe. A largura do rio São Francisco variar apenas de 500- 1000 metros e a distância do voo das abelhas da espécie *Melipona scutellaris* pode chegar à 2 quilômetros (Araújo et al., 2004). No entanto, abelhas sem ferrão mantêm uma grande dependência entre a colônia-mãe e as suas colônias-filhas o que faz com que a distância entre colônias seja reduzida drasticamente o que faz do rio São Francisco uma barreira efetiva. Como um fato semelhante a esse foi observado em populações de abelhas mandaçaia (*Melipona*

sp.), onde o rio São Francisco funciona como uma barreira efetiva, é possível que essa característica se estenda à outras espécies do gênero *Melipona* (Calasans, 2012). Observando estudos onde colônias de uruçú do Estado da Bahia, mesmo com localizações próximas, tiveram variações significativas devido a barreiras geográficas (Nunes et. al. 2007). É possível ver que a presença do rio São Francisco funcionando como barreira efetiva parece explicar essa divergência populacional .

Por outro lado, as colônias do Estado de Alagoas também se diferenciam significativamente dos outros Estados estudados ( $p < 0,003$ ). Fato que pode ser explicado pela maior distância geográfica em relação aos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, dificultando o fluxo gênico entre essas populações.

Tabela 2.2. Informações sobre as colônias de abelhas uruçú coletadas nos Estados da região Nordeste e sobre o modo de manejo dos meliponários

Meliponários	Estado	Tipo de colônia	Multiplicação de Colônias	Origem Geográfica das Colônias	Número Total de Colônias do Meliponário
ALCR	Alagoas	Cortiço e racional	Introdução de 2 colônias novas para cada 15 existentes	Municípios de Alagoas	50
PBR	Paraíba	Racional	Divisão e introdução de colônias do próprio Estado	Paraíba	13
PBC	Paraíba	Cortiço	Introdução de colônias da mata local	Paraíba	23
BA	Bahia	Racional	Introdução de colônias e divisão	Bahia	11
MLRN	Rio Grande do Norte	Racional	Divisão de colônias e introdução de colônias	Bahia	10
GR	Rio Grande do Norte	Racional	Divisão de colônias e introdução	Pernambuco	06
EPR	Rio Grande do Norte	Racional	Divisão e introdução de colônias	Rio Grande do Norte	12
DG	Sergipe	Racional	Divisão e introdução de	Sergipe Bahia	09

			colônias		
ERM	Sergipe	Racional	Divisão e introdução de colônias	Sergipe	07
CT	Sergipe	Racional	Divisão de colônias	Bahia	12

As colônias coletas em Alagoas, apesar de serem oriundas do mesmo estado, como observado na Tabela 2.2, foram adquiridas pelo meliponicultor em diferentes municípios. Sendo assim, o meliponário possui uma boa representatividade das abelhas do Estado. Entretanto, a presença apenas de colônias do próprio estado de Alagoas contribuiu para a conservação das características das populações locais e influenciado na diferenciação com os outros grupos.

Ao contrário do que ocorreu com Alagoas, as populações da Bahia e de Sergipe não apresentaram diferenças significativas ( $P=0,86$ ). Esse resultado pode ser explicado, por um lado, pela proximidade entre os dois Estados e a inexistência de barreiras entre eles, o que permite o fluxo gênico entre suas populações de abelhas e também pela introdução de colônias provenientes da Bahia nos meliponários nos meliponários do Estado de Sergipe, como pode ser observado na Tabela 2.2. A proximidade entre os Estados com ausência de barreira geográfica também explicaria a semelhança encontrada entre as colônias dos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, que não apresentaram diferença significativa ( $P=0,10$ ).

Contrariando o esperado, quando levando em consideração apenas a distância geográfica, as colônias do Rio Grande do Norte não apresentaram diferença significativa ( $P=0,28$ ) quando comparadas às colônias do Estado da Bahia. No entanto, esse resultado pode ser melhor compreendido quando associado aos dados zootécnicos do meliponários, apresentados na Tabela 2.2 onde pode-se observar que 50% das colônias coletadas no Estado do Rio Grande do Norte foram originadas da Bahia o que explica o fato de que, apesar de já estarem alocadas em um Estado distante, ainda preservavam características morfométricas semelhantes a sua origem.

A avaliação da identidade dos ninhos através do teste de validação cruzada entre as colônias dos cinco Estados identificou corretamente 76,57 % das colônias aos seus respectivos estados. Esses resultados indicaram que as colônias dos Estados que não introduziram colônias de fora da localidade apresentaram uma maior certificação de características próprias, como no caso de Alagoas, onde 100% de suas colônias foram classificadas como do próprio Estado e a Paraíba, que teve apenas 16% de erro de classificação de suas colônias. Resultados semelhantes foram observados no estudo realizado por Silva (2010) que identificou corretamente 70% dos indivíduos de abelhas do gênero *Schwarziana* (Lepelletier, 1836) coletados em 10 localidades mostrando a eficácia dessa análise.

As colônias da Bahia tiveram aproximadamente 50% de suas colônias classificadas como de Sergipe. Da mesma forma, muitas colônias de Sergipe possuíam características que podiam classificá-la como da Bahia. Sujeitas a condições semelhantes de proximidade geográfica, as colônias do Rio Grande do Norte tiveram 42% e poderiam também ser classificadas como da Paraíba. Esses resultados indicam que existe uma alta similaridade entre as abelhas dos diferentes ninhos entre Estados próximos onde as coletas foram realizadas, não existindo, portanto, variação morfométrica significativa entre essas abelhas, o que pode explicar o percentual de erro de classificação encontrado.

O segundo teste de validação cruzada levando em consideração os grupos formados na análise de agrupamento (UPGMA) apresentou 92,72 % de acerto na classificação, o que demonstra que esses grupos formados apresentaram uma certificação de características próprias. As diferenças morfológicas observadas entre os grupos formados foram significativas, o que permitiu um maior índice de acerto na classificação. Os resultados mostram que a morfometria geométrica é um instrumento com alta precisão na identificação de origem de colônias, podendo auxiliar na avaliação de origem das colônias. Através da correlação entre as colônias, se torna possível verificar se as colônias que introduzidas nos meliponários são aparentadas com as que já estão alocadas nesse local de criação e conseqüentemente auxiliar no aumento da variabilidade genética.

Na análise de tamanho generalizado da asa (One-way ANOVA), as colônias de Alagoas só de diferenciaram significativamente da Bahia ( $P= 0,0001$ ) e do Rio Grande do Norte que por sua vez se diferenciaram significativamente das colônias de todos os Estados, em tamanho ( $P<0,0017$ ). As colônias de Sergipe, apesar de próximo da Bahia, apresentaram diferença significativa ( $P<0,0005$ ), da mesma forma as da Paraíba ( $P=0,03$ ) e do Rio Grande do Norte como já citado. Não apresentando, porém diferença significativa com as colônias do Estado de Alagoas. Essa diferenciação de tamanho é esperada, uma vez que o tamanho apresenta maior restrição evolutiva que a variação de forma, de tal modo que as diferenciações interpopulacionais devem aparecer primeiro nas variações de tamanho e depois nas variações de forma (Nunes et al., 2012).

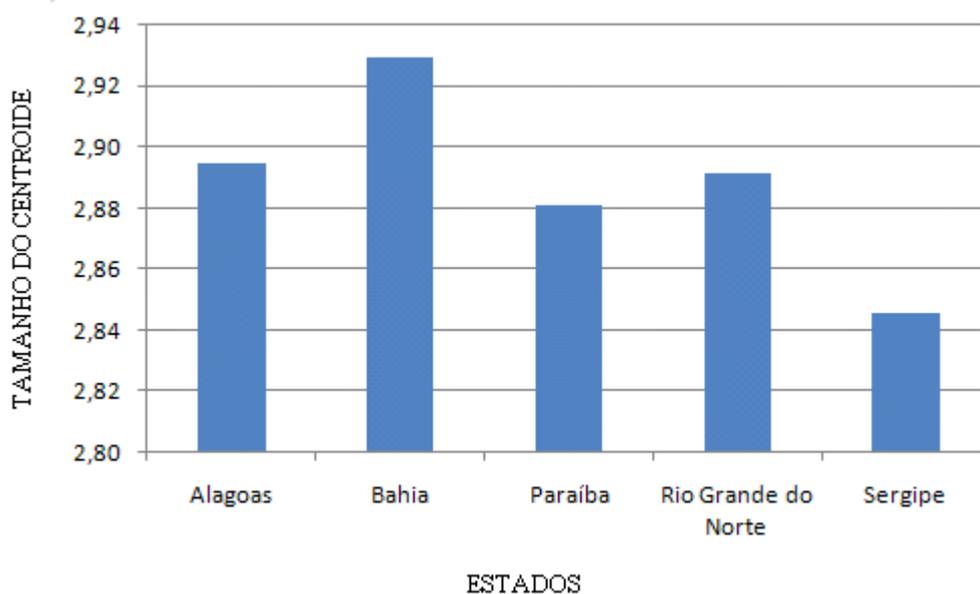


Figura 2.4. Variação do tamanho do centroide das asas de abelhas urucu dos Estados da região Nordeste incluídos no estudo

Apesar da variação entre as colônias dos Estados ser suficiente para classificá-los como grupos distintos, quando avaliada a variação dentro dos meliponários, alguns casos não apresentaram uma grande variabilidade.

O meliponário do município de São Cristóvão (SE), localizado na Universidade Federal de Sergipe foi o que apresentou o menor índice de diferença significativa. Do total de comparações entre colônias, apenas 36,6 % apresentou diferença significativa de tamanho e apenas 12,7 % de forma. Um número extremamente reduzido de colônias mostrou diferença significativa, o que pode ser explicado pelo fato de que todas as colônias de urucu presentes no meliponário são derivadas da divisão de poucas colônias-mãe oriundas da Bahia. O que gerou uma baixa variabilidade dentro do meliponário e pode ser responsável futuramente pela perda de colônias pelo surgimento de machos diploides (Gerloff & Paul Schmid-Hempel, 2005; Hedrick, Gadau & Junior, 2006), situação que pode ser evitada com cuidados de manejo envolvendo o intercâmbio de colônias.

Situação parecida foi encontrada nos três meliponários do Rio Grande do Norte. O meliponário EPR apresentou apenas 16% de suas colônias com diferença significativa ( $p < 0,0001$ ) quando comparada as demais, tanto em tamanho quanto em forma. Resultados semelhantes foram observados também no meliponário GR, onde 69% das colônias apresentaram divergência significativa ( $P < 0,001$ ) em tamanho, mas apenas 40% das colônias apresentaram diferença significativa quanto a forma ( $P < 0,002$ ) e o meliponário ML que variou significativamente 64% das colônias em tamanho ( $P < 0,04$ ) e apenas 38% em forma ( $P < 0,01$ ). Esse resultado já era esperado

devido ao número limitado de colônias, a origem comum delas e a prática de divisão, fatores que causam a diminuição da variabilidade genética.

Na Paraíba, apesar de introduzir colônias novas, o meliponário PBC apresenta baixa variabilidade entre as colônias, variando apenas 35% ( $P < 0,01$ ) para tamanho e 10% ( $P < 0,01$ ) na forma. Fato que se repetiu nas colônias racionais do meliponário PBR, que variou 37% no tamanho ( $P < 0,01$ ) e apenas 24% na forma ( $P < 0,02$ ). Esses resultados podem ser explicados também pelo baixo número de colônias e quando houve introdução, foram colônias locais e possivelmente aparentadas. Esses resultados corroboram também com os estudos realizados por Kerr e Vencovsky em 1982, mostrando que um número reduzido de colônias limita a variação genética dentro do meliponário o que pode causar o declínio de colônias.

Alguns meliponários, no entanto, apresentaram um alto índice de variação entre suas colônias. Um deles foi o meliponário do Estado de Alagoas que 87% de suas colônias apresentaram variação significativa de forma e tamanho ( $p < 0,001$ ), quando comparadas às outras colônias do próprio meliponário, o que representa uma grande variabilidade genética. Esse alto índice de variabilidade entre colônias desse Estado pode ser explicado pelo modo de manejo do meliponicultor que costuma introduzir todo ano 2 novas colônias para cada 15 já existentes do próprio Estado, o que aumenta a variabilidade genética dentro do meliponário e também ao grande número de colônias existentes, atualmente 50, que é superior ao número estabelecido por Kerr e Vencovsky em 1982, como mínimo para manter uma boa variabilidade genética entre as colônias de criação.

Resultado semelhante foi observado nas colônias da Bahia que apresentaram diferença significativa em 85,4% e 88,6 % de suas colônias em forma e tamanho, respectivamente. Da mesma forma, apenas as três primeiras variáveis canônicas foram suficientes para explicar a variação observada entre as colônias, o que permite relacionar a variações genéticas. Sendo assim, através dos resultados observados, é possível inferir que existe uma grande diversidade genética no meliponário da UFRB onde foram coletadas as abelhas na Bahia. Fato que pode ser explicado por ser um meliponário da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e possuir colônias de diferentes localidades do Estado, que é o maior da região Nordeste, aumentando assim, a diversidade genética.

Semelhantemente, os outros meliponários de Sergipe apresentaram alta variação entre suas colônias, resultados diferentes do observado no meliponário da UFS. Em um dos meliponários do município de Malhador (SE), denominado como DG observou-se que existe diferença significativa em 100% das comparações de tamanho e 70% das comparações de forma entre as colônias, o que indica uma grande diversidade genética dentro do meliponário. Caso semelhante foi observado no segundo meliponário de Malhador (SE), denominado ERM, onde houve variação significativa de

tamanho em 97,3 % das comparações e de forma em 60% das comparações entre colônias.

Nesses dois casos, apesar de existir um número reduzido de colônias e algumas dessas colônias serem resultantes de divisões de outras colônias, os meliponicultores tem a prática de introduzir colônias novas ao seu meliponário, o que aumenta a variabilidade genética entre as colônias resultando na variação morfométrica observada pela proximidade da zona da mata o que permite um fluxo gênico entre essas colônias e as colônias naturais. Desse modo, é evitado a perda de colônias contribuindo assim, para a conservação dessas espécies.

## **2.4 Conclusão**

Apesar da proximidade, colônias de abelhas da espécie *Melipona scutellaris* presentes em Estados limitados por barreiras geográficas, possuem características morfométricas distintas. Entretanto, quando não existe a presença de barreiras geográficas, Estados vizinhos não apresentam diferença significativa devido a possibilidade de fluxo gênico entre as populações, como o observado entre as colônias da Bahia e Sergipe, e as colônias da Paraíba e do Rio Grande do Norte.

Colônias transportadas entre Estados ainda mantém suas características morfométricas sendo possível verificar que não há variação significativa entre essas colônias e seu local de origem. Dessa forma é possível observar que a morfometria geométrica pode ser utilizada como uma ferramenta para identificação de origens de colônia evitando, assim que colônias aparentadas sejam introduzidas em meliponários, otimizando o processo de compra e/ou troca colônias entre os Estados.

A morfometria geométrica é capaz de identificar a origem das colônias transportadas com um bom grau de precisão. No entanto, a identificação de abelhas com um alto grau de parentesco dificulta a análise de validação cruzada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, E.,D. et al. 2004. Body size and flight distance in stingless bees (Hymenoptera, Meliponina): Inference of flight range and possible ecological implications. *Braz. J. Biol.* 64: 563-568.
- CALASANS, H.C.M. 2012. Dissertação: Avaliação morfométrica e molecular de abelhas mandaiaias (*Melipona* sp.) da região da foz do rio São Francisco. Universidade Federal de Sergipe.
- CALINSKI, R.B., HARABASZ, J. 1974. A dendrite method for cluster analysis. *Communications in Statistics.* 3:1–27.
- COOK, J. M. & CROZIER, R. H., 1995. Sex determination and population biology of the Hymenoptera. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 281–286.
- FRANCOY, T.M., QUEZADA-EUÁN, J.J., IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. 2009. Identification of stingless bee species through geometric morphometrics of wings. 10º INTECOL. Ecology in a changing climate. Fapesp.
- FRANCOY ET AL. 2011. Geometric morphometrics of the wing as a tool for assigning genetic lineages and geographic origin to *Melipona beecheii* (Hymenoptera: Meliponini). *Apidologie.* 42:499–507.
- GERLOFF CU & SCHMID-HEMPEL P. 2005. Inbreeding depression and family variation in a social insect, *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). *Oikos* 111: 67-80.
- HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica.* V.4. 9p. <[http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)>. Acessado em: 20 de maio de 2013.
- HEDRICK, P.W.; GADAU, J. & PAGE, R.E. JR. 2006. Genetic sex determination and extinction. *Trends Ecol. Evol.* 21: 55-57.
- KERR WE et al. 1996. A abelha Uruçu. Fundação Acangau. 145p.
- KERR, W.E. E VENCOVSKY, R. 1982. Melhoramento genético em abelhas. I. Efeito do número de colônias sobre o melhoramento. *Rev. Brasil Genet.* V: 279-285p.
- KLINGENBERG, C.P., 2011. Computer Program Note. MORPHOJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources,* 11: 353 – 357.
- MONTEIRO L. R. e REIS S. F. Dos. 1999. Princípios de morfometria geométrica. Ribeirão Preto, Ed. Holos, 198p.
- NUNES et. al. 2007. Divergência genética em *Melipona scutellaris* Latreille (Hymenoptera: Apidae) com base em caracteres morfológicos. *Biosci. J. Uberlândia,* 23: 1-9.
- NUNES, L. A. ; ARAÚJO, E. D. ; MARCHINI, L. C. ; MORETI, A. C. C. C. . 2012. Variation morphogeometrics of Africanized honey bees (*Apis mellifera*) in Brazil. *Iheringia. Série Zoologia* (Impresso). V. 102, p. 321-326, 2012.

OWEN, R.E. 2012. Applications of Morphometrics to the Hymenoptera, Particularly Bumble Bees(Bombus, Apidae), Morphometrics, Intech. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/morphometrics/applications-of-morphometrics-to-the-hymenoptera-particularly-bumble-bees-bombus-apidae>>.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 346 de 16 de Agosto de 2004. Dispõe disciplina a utilização das abelhas silvestres nativas, bem como a implantação de meliponários. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 de Agosto de 2004. p. 070 .

ROHLF, F.J. 2008. TpsDig version 2.12 (Tps\_Digitize). <<http://life.bio.sunysb.edu/morph/>>. Acessado em: 20 de maio de 2013.

ROHLF, F.J. 2008. TpsRelw version 1.46 (Tps\_Relative Warps). <<http://life.bio.sunysb.edu/morph/>>. Acessado em: 20 de maio de 2013.

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

### **3. AVALIAÇÃO DE ASSIMETRIA FLUTUANTE E VARIAÇÃO MORFOMÉTRICA ENTRE COLÔNIAS EM ABELHAS URUÇU (*MELIPONA SCUTELLARIS* Latreille, 1811) CRIADAS EM CAIXAS RACIONAIS E EM CORTIÇO.**

#### **Resumo**

Foi avaliada a variação morfométrica entre as asas anteriores de abelhas uruçú (*Melipona scutellaris* Latreille, 1811) de colônias criadas em caixas racionais e em cortiços, avaliando também a presença de assimetria flutuante nos indivíduos. Por meio de técnicas de morfometria geométrica. Foi possível observar assimetria flutuante com valores significativos tanto na forma, quanto no tamanho, independente do material utilizado para a criação, seja cortiço ou caixa racional modelo INPA, indicando a presença de estresse ambiental. No entanto, as colônias encontradas em cortiço apresentaram um índice maior de assimetria flutuante, o que indica que o índice de estresse também é maior nesse tipo de tratamento. As análises de Variáveis Canônicas, através de MANOVA, demonstraram, também, que abelhas criadas em cortiço possuem maior variação morfométrica que as criadas em caixas racionais. Esse resultado pode ser relacionado à origem dos dois tipos de ninhos e ao processo de multiplicação de colônias a partir de caixas racionais. É possível concluir que são necessárias medidas para aperfeiçoamento do manejo para diminuir o estresse causado nas populações de abelhas de criações, bem como estudos complementares que avaliem a assimetria flutuante em colônias naturais e até em outras espécies de abelhas utilizadas nas criações.

**Palavras-chave:** Manejo, meliponicultura, Assimetria Flutuante e Morfometria Geométrica

#### **3.1 Introdução**

A abelha uruçú (*Melipona scutellaris* Latreille, 1811) tem sua área de ocorrência natural no Brasil ao longo da região Nordeste, sendo amplamente utilizada em criações de abelha sem ferrão por sua facilidade de manejo e alta produção de mel (Alves et al., 2012; Villas-Bôas, 2012).

A meliponicultura é uma atividade que consiste na criação racional de abelhas sem ferrão para lazer, exploração dos produtos da colmeia ou como fonte de renda, sendo uma prática que contribui para a conservação das espécies (Villas-Bôas, 2012). Tradicionalmente, os criadores mantêm suas colônias nos próprios troncos onde estavam depositados os ninhos na mata, chamados de cortiços, podendo também transferir os ninhos para caixas de madeira, denominadas de caixas racionais (Pereira et al., 2009).

A criação de abelhas em cortiço tem como característica manter as colônias nos próprios troncos onde estavam depositadas na mata sendo coletados por meleiros que cortam os troncos e transportam os ninhos, sem o cuidado adequado e dependurando horizontalmente em locais próximo às habitações (Kerr et al., 1994). Todo esse procedimento, desde a captura até a coleta dos produtos da colmeia é bastante agressivo e as abelhas dessas colônias experimentam várias perturbações no ninho que causam estresse a colônia como danos a estrutura do ninho, pelo deslocamento dos potes de mel e pólen, pela perda de larvas ou até pela morte da rainha (Alves,

2005).

Nas criações de abelhas utilizando caixas racionais um dos fatores que influencia o desenvolvimento de colônias de abelhas é o seu ajuste à estrutura utilizada como material de criação. Com a preocupação de fornecer um manejo eficiente, os meliponicultores buscam adequar as caixas utilizadas às características de cada espécie de abelha criada utilizando informações sobre a arquitetura do ninho e a biologia da abelha (Souza et al., 2009).

Existem vários modelos de caixas racionais direcionadas à criação de abelha sem ferrão. No entanto, o modelo mais indicado pelos criadores para criação e multiplicação de abelhas do gênero *Melipona* é o criado no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, o INPA. Esse modelo de caixa permite a mínima intervenção do meliponicultor com um rápida resposta de recuperação da colônia e facilidade de manejo num processo conhecido como “Método de Perturbação Mínima” (Oliveira e Kerr, 2000).

Mesmo utilizando o “Método de Perturbação Mínima”, semelhantemente ao observado em cortiços, as abelhas recebem uma carga de estresse no processo de adaptação das colônias às mudanças ocorridas na transferência dos cortiços coletados na natureza para as caixas racionais. O processo de transição de cortiço para caixa racional é agressivo, o manuseio causa injúria às colônias durante a abertura da caixa e na colheita do mel e até a umidade da caixa fornece um ambiente propício a fungos que causam danos as colônias (Kerr et al, 1996).

O estresse causado por essas variações no ambiente no entorno das populações pode causar variações aleatórias na morfologia do indivíduo, fenômeno esse denominado Assimetria Flutuante (AF). Através do estudo da assimetria flutuante pode-se observar se existem diferenças entre populações em situações de estresse diferenciadas e se esse nível de estresse chega a ser nocivas ao bom funcionamento da dinâmica populacional (Lomônaco & Germanos, 2001).

Outra abordagem importante é a avaliação da diversidade genética dentro dos meliponários, pois o número reduzido de colônias causa um declínio na variabilidade genética podendo acarretar em um aumento no número de machos diploides e na perda de colônias (Cook e Crozier, 1995).

Tendo em vista a necessidade de maiores informações sobre o efeito do estresse causado nas colônias de criações de abelhas sem ferrão, e da variação morfométrica entre os diferentes tipos de material de criação, o presente trabalho visa avaliar a variação morfométrica entre as asas anteriores de abelhas uruçú (*Melipona scutellaris* Latreille, 1811) utilizando a abordagem da morfometria geométrica, bem como analisar existência de assimetria flutuante em colônias criadas em caixas racionais e em cortiços.

## **3.2 Material e Métodos**

### **3.2.1 Área de estudo**

A amostragem foi realizada em meliponários dos estados de Alagoas e Paraíba. Foram coletados de 355 espécimes provenientes de 61 colônias, sendo 43 colônias criadas em cortiço e 18 criadas em caixas racionais. Os espécimes foram acondicionados em tubos tipo falcon com álcool 70% e armazenados a -20°C.

### **3.2.2 Aquisição de imagens**

Para a obtenção das imagens, as asas anteriores foram retiradas com auxílio de uma pinça e posteriormente estendidas em lâminas com esmalte incolor. Após a preparação das lâminas semi-permanentes as asas foram fotografadas com uma câmera digital acoplada a um estereomicroscópio.

As imagens capturadas foram transferidas para um computador e um arquivo TPS foi criado para cada um dos grupos utilizando o tpsUtil versão 1.40 (Rohlf 2008a). Em seguida foram registrados 10 marcos anatômicos nas interseções das nervuras (Figura 3.1) utilizando o tpsDig2 versão 2.12 (Rohlf 2008b) que foram transformados em matrizes de coordenadas e utilizadas nas análises estatísticas. As asas esquerdas foram espelhadas para assumirem a mesma posição das asas direitas para facilitar o registro dos marcos anatômico. Para cada localidade foram feitas duas medições de cada asa para verificar o erro de medição (Palmer, 1994).

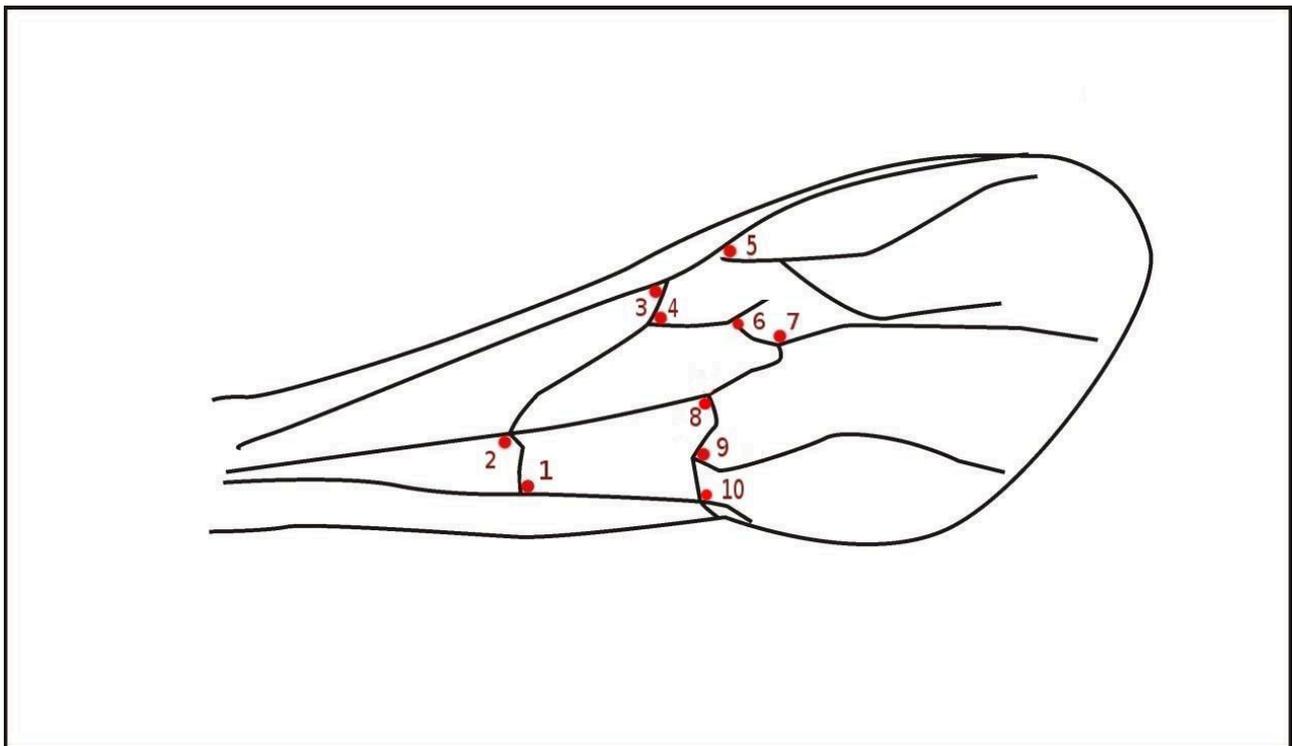


Figura 3.1. Ilustração da asa anterior da abelha *Melipona scutellaris*. As marcações em vermelho indicam a posição dos 10 marcos anatômicos utilizados nas análises morfométricas.

Fonte: SANTOS, C.R. Arquivo pessoal. 2013

### 3.2.3 Análise dos dados

As análises de assimetria flutuante (AF) dos dados seguiram a metodologia adotada por Nunes (2012). Para avaliar a assimetria do centroide das asas foi realizada uma análise ANOVA de Procrustes, considerando o tamanho do centroide uma variável independente, o lado do corpo uma variável fixa e os indivíduos um efeito aleatório baseado na metodologia de Klingenberg e McIntyre (1998). A ocorrência de plasticidade fenotípica foi calculada através do componente ambiental de variação (Falconer, 1989).

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

A ocorrência da plasticidade fenotípica foi estimada através do componente ambiental de variação (Falconer, 1989).

Para a análise de assimetria de forma das asas das populações foi utilizada uma ANOVA de Procrustes (Palmer e Strobeck, 2003) na qual o lado do corpo e os indivíduos foram considerados efeitos fixo e aleatório, respectivamente.

A partir dos dados obtidos foi utilizada a distância de Procrustes das asas avaliando as diferenças e o nível de assimetria entre os diferentes tipos de colônia.

Para a análise de variação morfométrica para a avaliação da diversidade de forma e tamanho em colônias criadas em caixas racionais e em cortiço, utilizou-se as matrizes obtidas das coordenadas de marcos anatômicos que foram processadas utilizando métodos de estatística multivariada por sobreposição de Procrustes pelo método dos quadrados mínimos. Foi gerada uma matriz de covariância para as análises de Variáveis Canônicas (AVC) e a MANOVA, que foram realizadas utilizando-se do programa MorphoJ (Klingenberg, 2011).

### 3.3 Resultados e Discussão

É conhecido que tanto abelhas criadas em cortiços, quanto as criadas em caixas racionais recebem uma dose de estresse no seu modo de manejo. Seja, no processo de coleta, no qual as colônias são serradas das árvores, e transportadas horizontalmente para o meliponário, e posteriormente no processo de coleta de mel com a destruição dos potes e algumas vezes morte da rainha, como no caso das criadas em cortiço. Ou ainda, como acontece com as colônias criadas em caixas racionais, sofrem o estresse durante a transferência do cortiço para as caixas, aos serem abertas, alimentadas, durante o processo de divisão ou por outras características das caixas e dos meliponários onde estão instaladas.

Os resultados encontrados ratificaram as informações previamente conhecidas sobre esse estresse presente no manejo na criação de abelhas sem ferrão. Inicialmente, a análise de assimetria flutuante de forma (Shape, Procrustes ANOVA) das colônias criadas em caixas racionais resultou em valores de significativos ( $p < 0,01$ ), discriminados na Tabela 3.2.

Tabela 3.1 ANOVA de Procrustes da análise de forma para as colônias racionais onde a interação entre o indivíduo e o lado é a assimetria flutuante

Efeito	SS	MS	GL	F	P(param.)
Individuo	0,24908914	0,0001749221	1424	3,76	<.0001
Lado	0,0691754	0,0004323462	16	9,28	<.0001
Ind * Lado	0,06632384	0,00004655757	1424	2,19	<.0001
Resíduo	0,0613942	0,0000213161	2880		

Valores semelhantes foram encontrados quando analisadas as colônias criadas em cortiço. Os resultados das análises indicaram presença de assimetria flutuante com valores de  $p < 0,0001$  (Tabela 3.3).

Tabela 3.2 ANOVA de Procrustes da análise de forma para as colônias criadas em cortiço onde a interação entre o indivíduo e o lado é a assimetria flutuante

Efeito	SS	MS	GL	F	P(param.)
Indivíduo	0,80472617	0,001919671	4192	3,51	<.0001
Lado	0,02753641	0,0017210256	16	31,45	<.0001
Ind * Lado	0,22938570	0,0000547199	4192	2,26	<.0001
Resíduo	0,20339381	0,0000241675	8416		

As variações de forma não são tão suscetíveis a influência ambiental quanto as de tamanho, portanto esses resultados parecem indicar que os níveis de estresse são altos o suficiente para causar mudanças na forma das asas das abelhas, independente do material utilizado para a criação.

As análises de tamanho (Size, Procrustes ANOVA) reproduziram os resultados encontrados nas análises de forma, mostrando que tanto as colônias criadas em cortiço, quanto as criadas em caixas racionais apresentaram assimetria flutuante, sendo os valores de  $p < 0,0001$ , portanto significativos para todos os casos. É possível perceber através da Figura 3.1 que há diferença entre os valores da variação de assimetria flutuante de tamanho quando comparado tanto as colônias dos Estados, quanto o material utilizado para a criação.

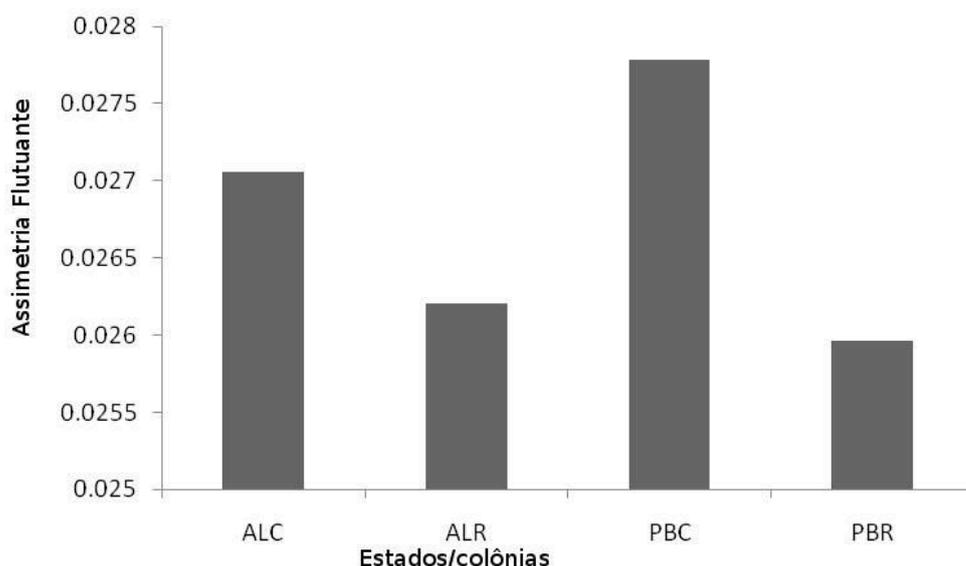


Figura 3.2. Variação de assimetria flutuante na análise de tamanho através da ANOVA de Procrustes comparando as colônias racionais e de cortiço dos Estados de Alagoas e da Paraíba, sendo ALC e ALR colônias em cortiço e em caixas racionais do estado de Alagoas e PBC e PBR, colônias em cortiço e em caixas racionais do estado da Paraíba

Esses resultados eram esperados, uma vez que o tamanho do corpo, em abelhas, representa 75% do valor adaptativo e em abelhas operárias, a variação do tamanho é reconhecida como uma expressão adaptativa relacionada diretamente a atividades de forrageamento e exploração de recursos (Pignata e Diniz-Filho, 1996). Devido a essa alta relação com o valor adaptativo, o tamanho do corpo das abelhas se torna suscetível às mudanças, uma vez que é uma característica com baixa influência da herdabilidade e com alta influência da alimentação e das condições ambientais em torno da colônia (Peruquetti, 2003; Silva, 2007). Esses resultados indicam que a atividade de meliponicultura ainda é uma atividade cujo estresse causado na colônia é suficiente para causar modificações morfológicas e conseqüentemente o aparecimento de assimetria flutuante.

Apesar das colônias dos dois tipos de material de criação apresentarem assimetria flutuante tanto quanto para a forma, quanto para tamanho, ao comparar os valores de assimetria entre tipos de criação e entre aos Estados, houve diferença significativa sendo os valor de  $p < 0,002$  (Tabela 3.4) em ambos os casos.

Tabela 3.3. Valores de variância e de significância da ANOVA de Procrustes da análise de assimetria flutuante comparando a variação entre as colônias dos Estados e entre tipos de material de criação

	GL	Soma Quad	Quad Médio	F	Pr(>F)
Ninho	1	0,000089	8,8844e-05	2,3057e+25	<2,2e-16
Região	351	0,039805	1,1340e-04	2,9430e+25	<2,2e-16
Resíduo	4	0,000000	0,0000e+00		

Os resultados também indicaram que as colônias criadas em cortiço possuem um maior índice de assimetria flutuante do que as criadas em caixas racionais. Essa condição pode estar relacionada ao modo de manejo dos cortiços. Entre os fatores causadores de estresse está o transporte, a mudança na posição do ninho e a coleta de mel, como foi anteriormente citado, que parece influenciar mais no aparecimento de assimetria flutuante do que o estresse causado pelo modo de manejo das caixas racionais.

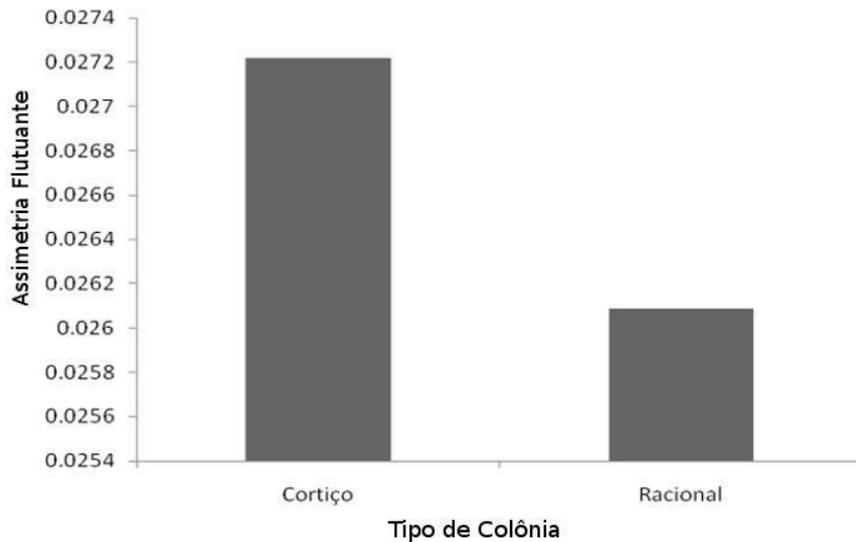


Figura 3.3 Variação de assimetria flutuante na análise de tamanho através da ANOVA de Procrustes comparando as colônias criadas em cortiços e em caixas racionais

Tendo em vista que a presença de assimetria flutuante de tamanho e de forma pode causar instabilidade na manutenção do sistema da colônia, causando também perturbações no desenvolvimento dessa espécie (Jessen et al. 2010). Bem como, segundo Jessen et al. (2010), pode afetar seu fitness diminuindo seu sucesso, seja reprodutivo ou no desempenho de suas funções na colônia, como é o caso das abelhas forrageiras, que correspondem as que foram utilizadas nesse trabalho. Os resultados tornam compreensível a necessidade da implantação de melhorias no modo de manejo dos meliponários, com a finalidade de diminuir os fatores causadores de estresse que afetam as populações de abelhas de criação.

Outros resultados obtidos, foram os das avaliações da existência de divergência morfométrica entre colônias criadas em caixas racionais e em cortiço. Foi possível observar que os resultados das análises multivariadas de Variáveis Canônicas apontaram que existe diferença significativa para tamanho ( $P < 0,0001$ ) e forma ( $P < 0,0001$ ) entre as colônias quando comparado os Estados. Houve também uma variação quando comparadas as colônias de abelhas dos dois tipos de material de criação, racional e cortiço, houve diferença significativa tanto para o tamanho ( $P < 0,0001$ ), quanto para a forma ( $P = 0,001$ ). Independente da proximidade das colônias, considerando que colônias de caixa racional e cortiço coabitavam o mesmo meliponário, houve variação morfométrica de forma e tamanho. Esses resultados foram representados graficamente na Figura 3.2, na qual também é possível observar que apesar da diferença, ainda existe grande sobreposição de variação nos dois tipos de nidificação e que existe a variação encontrada dentro do grupo de cortiço é maior do que a variação encontrada no grupo de caixas racionais.

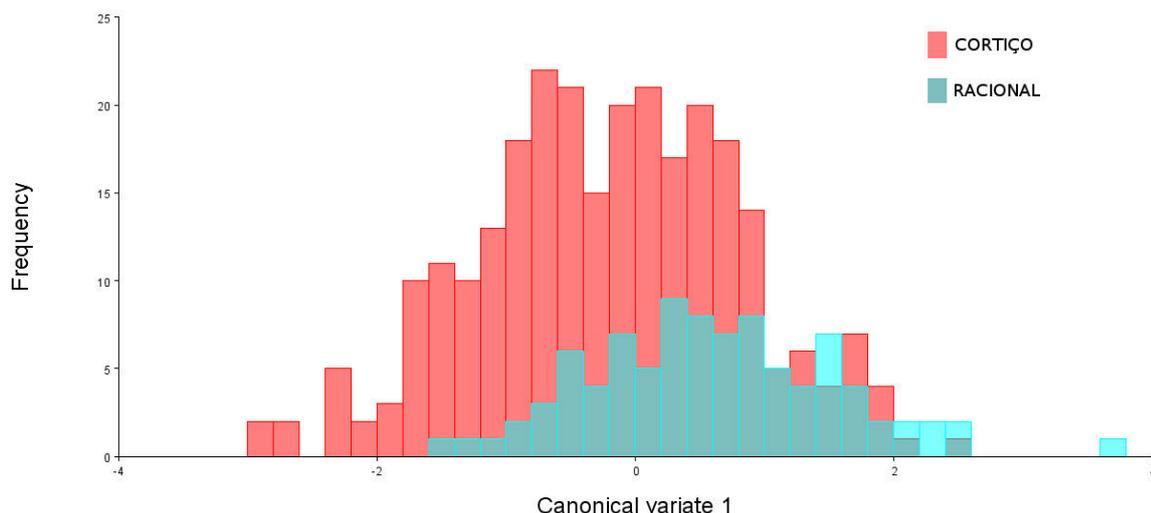


Figura 3.4. Análise da variação morfométrica utilizando Variáveis Canônicas comparando colônias criadas em caixas racionais e em cortiço

Essa condição é esperada, uma vez que o modo de manejo nesses dois tipos de criação difere. As colônias encontradas em cortiços são colônias naturais que foram coletadas e introduzidas no meliponário e, por isso, espera-se que os cortiços reflitam mais a diversidade encontrada nas populações naturais. As caixas racionais, por sua vez, são resultantes de transferências de cortiços e são utilizadas para a multiplicação de colônias. Ou seja, as criações racionais podem apresentar menor nível de diversidade em função da multiplicação de colônias a partir de um pequeno número de matrizes.

Considerado que existe maior facilidade de manejo e de transporte na venda e/ou troca de colônias criadas em caixas racionais, e que o índice de estresse maior que está associado ao manejo das colônias de cortiço. É possível, então, observar que a criação de abelhas sem ferrão em caixas racionais é a mais adequada. No entanto, não se pode ignorar que as colônias criadas em cortiços apresentam maior diversidade genética que as criadas em caixas racionais. A perda da diversidade genética em colônias dos meliponários que utilizam caixas racionais pode ser diminuída ao utilizar colônias criadas em caixas racionais, mas que sejam resultantes de transferência direta de colônias de cortiço. Essa prática permitiria assim, que as caixas utilizadas como matrizes tenham uma maior diversidade genética, consequentemente fazendo com que o meliponário não diminua sua variabilidade genética ao longo do processo de multiplicação de colônias e evitando os fatores de estresse presentes no manejo do cortiço. Outra prática que pode ser adotada é manter os ninhos naturais, já que possuem maior diversidade genética, mas mantendo-os no próprio local natural de nidificação, posicionando as colônias das caixas em áreas no entorno.

### 3.4 Conclusões

Existe assimetria flutuante significativa nas asas de abelhas uruçú (*Melipona scutellaris*) tanto na forma quanto no tamanho em colônias criadas em caixas racionais e em cortiço em meliponários dos Estados de Alagoas e Paraíba. A presença de assimetria flutuante em asas de abelhas indica a presença de fatores estressantes que agem nas colônias, que estão relacionados ao modo de manejo de cada tipo de criação.

As colônias criadas em cortiço apresentaram maior variabilidade genética pois por serem colônias naturais que foram transportadas para o meliponário e ainda representam melhor a diversidade das colônias coletadas. O contrário ocorre com as criadas em caixas racionais que servem de matrizes para multiplicação de colônias o que faz com que ocorra a diminuição da variabilidade genética ao longo do tempo. No entanto, colônias criadas em cortiço apresentam maior índice de assimetria flutuante, o que indica que o estresse associado a esse modo de manejo influencia mais nas mudanças morfológicas encontradas.

Melhorias no modo de manejo dos meliponários são necessárias para diminuir o nível de estresse causados nas colônias. Somado a isso, existe também a necessidade de avaliar os níveis de estresse em populações naturais para comparações com as de criação, bem como avaliar se há presença de assimetria flutuante em abelhas de outras espécies criadas em meliponários verificando a sensibilidade da espécie *Melipona scutellaris* às mudanças ambientais.

Pode-se concluir também que caixas racionais do modelo INPA permitem um fácil manejo e transporte das colônias e podem servir de matrizes para multiplicação de colônias preservando a diversidade genética se as colônias utilizadas forem diretamente originadas da transferência de cortiços.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, R. M. O.; SOUZA, B. A.; CARVALHO, C. A.; L. JUSTINA, G. D. Custo de produção de mel: uma proposta para abelhas africanizadas e meliponíneos. Cruz das Almas: Universidade Federal da Bahia: SEAGRI-BA, 2005. 14 p. (Série Meliponicultura, 2).
- ALVES, R.M.O.; CARVALHO, C.A.L.; SOUZA, B.A. and SANTOS, W. S. 2012. Areas of natural occurrence of *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 (Hymenoptera: Apidae) in the state of Bahia, Brazil. *An. Acad. Bras. Ciênc.* [online], 84(3): 679-688.
- COOK, J.M., CROZIER, R.H. 1995. Sex determination and population biology in the Hymenoptera. *Trends in Ecology and Evolution.* 10: 281-286.
- FALCONER, D.S. 1989. Introduction of quantitative genetics. Halow, Longman Sci e Tech. 3rd ed 438p.
- JESSEN, B.M, J.B. Aarnes, K.M. Murvoll, D. Herzke & T. Nygard, 2010. Fluctuating Wing Asymmetry And Hepatic Concentrations Of Persistent Organic Pollutants Are Associated In European Shag (*Phalacrocorax Aristotelis*) Chicks. *Science Of The Total Environment*, 408: 578-585.
- KERR, W.E. 1994. Communication among *Melipona* workers (Hymenoptera, Apidae). *J.Insect Behav.* v.7(1); p. 123-128.
- KERR WE et al. 1996. A abelha Uruçu. Fundação Acangau. 145p.
- KLINGENBERG, C.P., 2011. Computer Program Note. MORPHOJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources*, v. 11, p. 353 – 357.
- KLINGENBERG, C.P.; MCINTYRE, G.S. 1998. Geometric morphometrics of developmental instability: analyzing patterns of fluctuating asymmetry with Procrustes methods. *Evolution*, Lancaster. 52: 1363-1375.
- LOMÔNACO, C.; GERMANOS, E. 2001. Variações fenotípicas em *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) em resposta à competição larval por alimento. *Neotropical Entomology Londrina*. 30:223-231.
- NUNES, L.A. 2012. Tese: Estruturação populacional, variações fenotípicas e estudos morfométricos em *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) no Brasil. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba.
- OLIVEIRA, F.; KERR, W. E. 2000. Divisão de uma colônia de Jupará (*Melipona compressipes*) usando-se o método Fernando Oliveira. INPA, Manaus - AM. 7pp
- PALMER, A.R. 1994. Fluctuating asymmetry analyses: A primer in: MARKOW, T.A. (ed). *Developmental instability: its origins and evolutionary implications*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishes. P. 335-334.
- PALMER, R.A.; STROBECK, C. 2003. Fluctuating asymmetry analyses revisited. In: POLAK, M.(Ed.) *Developmental instability (DI): causes and consequences*. Oxford:University Press.. p. 279-319

- PEREIRA, F.de M.; LOPES , M.T. do R.; SOUZA, B.A. ; NETO, J.N.V. 2009. Abelhas sem ferrão: Transferências de ninhos para colmeias racionais. Cartilha: Embrapa Meio-Norte. Terezina. 12p.
- PERUQUETTI, R. C. 2003. Variação do tamanho corporal de machos de *Eulaema nigrita* Lepetier (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). Resposta materna à flutuação de recursos? *Rev Bras Zool.*, 20: 207 - 212.
- PIGNATA, M.I.B.; DINIZ-FILHO, J.A.F. 1996. Phylogenetic autocorrelation and evolutionary constraints in worker body size of some neotropical stingless bees (Hymenoptera: Apidae). *Heredity*. 73: 222-228.
- ROHLF, F.J. 2008. TpsDig version 2.12 (Tps\_Digitize). <<http://life.bio.sunysb.edu/morph/>>. Acessado em: 20 de maio de 2013.
- ROHLF, F.J. 2008. TpsRelw version 1.46 (Tps\_Relative Warps). <<http://life.bio.sunysb.edu/morph/>>. Acessado em: 20 de maio de 2013.
- SILVA, M. C. da. 2007. Dissertação:Variação morfológica e assimetria flutuante de abelhas euglossinas (Hymenoptera, Apidae) em diferentes áreas e estações distintas em uma reserva de floresta estacional semidecidual.Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia.
- SOUZA, B. de A.; CARVALHO, A.L. De; ALVES, R.M. de. DIAS, C. de S.; CLARTON, L. 2009. Munduri (*Melipona asilvai*): a abelha sestrosa. Série Meliponicultura: N° 07. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. 46p.
- VILLAS-BÔAS, J. 2012. Manual tecnológico de abelhas sem ferrão. Ed. ISPN. Brasília. 1ª edição.95p.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando analisada estrutura populacional dos meliponários de Uruçu nos Estados estudados, notamos que Estados mais próximos, sem barreiras geográficas, apresentam indivíduos mais aparentados, fato que é explicado graças ao maior fluxo gênico entre eles. Enquanto que, Estados com barreiras geográficas e grandes distâncias geográficas diferem, já que esta espécie precisa ter seus ninhos próximos para que haja este fluxo gênico. Foi o caso do Estado de Alagoas cujos elementos diferem de todos outros Estados. Os Estados distantes entre si, só apresentam semelhanças, caso haja transporte de colônias entre eles, através da troca e/ou venda.

Além disto, foi observado que nos meliponários que não atingiam o número mínimo de colônias recomendável e sem a prática de introdução periódica de novas colônias, havia pouca variação morfométrica, que deve estar associada a baixa diversidade genética o que pode acarretar em futuras perdas de colônias.

A Meliponicultura ainda precisa melhorar seu modo de manejo, pois, as colônias apresentam evidências de estresse, tanto no uso de caixas racionais quanto em cortiços, o que causa mudanças na morfologia dos espécimes, gerando a Assimetria Flutuante. Contudo, as caixas racionais ainda indicam um menor índice de estresse associado ao seu modo de manejo.

Para melhor compreensão da assimetria flutuante, ainda é necessário realizar estudos que comparem essas colônias com populações naturais de urucu e também com outras espécies de abelhas, criadas em meliponários, para esclarecer se o estresse ocorre com todas ou apenas com a urucu, por esta ser mais sensível.

Percebemos também na criação em cortiço há maior diversidade genética, resultante do fato de que estas eram colônias naturais que foram introduzidas no meliponário. Portanto, vemos como alternativa para preservar a diversidade genética dos meliponários a transferência das colônias de cortiço para caixas racionais, onde o manejo e a coleta do mel são mais fáceis, utilizando tais colônias como matrizes. Do mesmo modo, a indicação de intercâmbio de colônias entre meliponários localizados na área de distribuição da espécie é altamente recomendável.

Por conseguinte, quanto mais aprimorado for o manejo, mais organizados forem as criações e com maior número de colônias, mais a prática da Meliponicultura cooperará para a conservação da espécie.

## ANEXO 1

### Questionário de Informações Zootécnicas do Meliponário

Nome do Meliponário:

Localização:

Número total de colônias de abelha urucu (*Melipona scutellaris*):

Colônia mais antiga:

Método utilizado para multiplicação de colônia:

Origem geográfica das colônias:

Material utilizado para a criação das colônias:

Período de coleta de mel:

Modo de coleta de mel: