

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

FERNANDA RAULINO

**ASPECTOS GENÉTICOS PARA MEDIDAS REPRODUTIVAS DE  
ZANGÕES *Apis mellifera* L. (HYMENOPTERA: APIDAE). À  
EMERGÊNCIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS

2015

FERNANDA RAULINO

**ASPECTOS GENÉTICOS PARA MEDIDAS REPRODUTIVAS DE  
ZANGÕES *Apis mellifera* L. (HYMENOPTERA: APIDAE). À  
EMERGÊNCIA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado ao curso de Bacharelado em Zootecnia, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Dois Vizinhos, como requisito parcial para obtenção do Título de ZOOTECNISTA.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Sabrina Kluska

(CO) - Orientadora: Mestranda Elisete Migliorini

DOIS VIZINHOS

2015



Ministério da Educação

**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**

Curso de Bacharelado em Zootecnia

Campus Dois Vizinhos



**ASPECTOS GENÉTICOS PARA MEDIDAS REPRODUTIVAS DE  
ZANGÕES *Apis mellifera* L. (HYMENOPTERA: APIDAE). À  
EMERGÊNCIA**

Autora: Fernanda Raulino

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Sabrina Kluska

Co-orientadora: Mestranda. Elisete Migliorini

Titulação: ZOOTECNISTA

APROVADA em 25 de novembro de 2015.

---

Prof. Dr. Lucas Domingues

---

Mestranda. Elisete Migliorini

---

Prof<sup>ª</sup>. Sabrina Kluska

(Orientadora)

À **Deus**, por estar a meu lado em todos os momentos,

Aos

Meus pais **Evaldo Valter Raulino e Rozilda de Aguiar Raulino**, pelo apoio e amor incondicional, e investimento em meu futuro.

Ao

Meu irmão **Alison Raulino**, pelos momentos de descontração e amizade.

Aos

Meus familiares pelo apoio e incentivo ao longo da graduação em especial a minha avó materna **Anastácia Rissardi de Aguiar**, pelos conselhos e carinho.

A

Meu marido **Elisandro Campra Domanski** pelo amor e apoio em todas as horas.

DEDICO...

## AGRADECIMENTOS

À **Universidade Tecnológica Federal do Paraná** e os professores do curso de Bacharelado em Zootecnia que possibilitaram meu crescimento profissional e intelectual imprescindíveis para o desenvolvimento deste trabalho.

A professora, **Dra. Fabiana Martins Costa Maia** pela orientação e paciência ao longo deste trabalho, e principalmente pelo entusiasmo contagiante com o melhoramento genético em abelhas.

A minha Co-orientadora **Elisete Migliorini**, pela amizade, ajuda e paciência, sem você esse trabalho não seria o mesmo.

A todos os integrantes do GPMGApis, em especial **Raquel Fornazari e João Barbosa Neto**, vocês são demais.

E a tantos outros que contribuíram de forma direta e indireta na realização deste trabalho, meu agradecimento.

*“As grandes ideias surgem da observação dos pequenos detalhes.”*

Augusto Cury

## RESUMO

RAULINO, Fernanda. Aspectos genéticos para medidas reprodutivas em zangões *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). À emergência, 2015. Trabalho (Conclusão de Curso II) – Programa de Graduação em Bacharelado em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2015.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar parâmetros genéticos para medidas reprodutivas de zangões africanizados. Os dados analisados foram para medidas de peso total à emergência, peso da glândula de muco e vesícula seminal, área da glândula de muco e vesícula seminal, volume da glândula de muco e vesícula seminal à emergência de 1000 zangões filhos de nove rainhas em diferentes gerações. Como efeito fixo foi considerada a época em que foram criados primavera e verão, como (co) variável foi utilizado o tempo de espera para serem pesados e medidos. As análises foram realizadas por meio da inferência Bayesiana utilizando o modelo animal. Foram realizadas análises unicarater, bicarater e tricarater para todas as características. Em análise unicarater, a proporção da variância genética aditiva foi responsável por mais de 50% da variância fenotípica total e as herdabilidades apresentaram estimativas de magnitudes médias altas para todas as características, sendo 0,75 para peso à emergência, 0,59 para peso da glândula de muco, 0,68 para peso da vesícula seminal, 0,69 para área da glândula de muco, 0,68 para área da vesícula seminal, 0,63 para volume da glândula de muco, e 0,70 para volume da vesícula seminal. As Correlações genéticas foram de baixa a média magnitude variando entre -0,008 a 0,56, a maior correlação genética foi entre volume da glândula de muco e volume da vesícula seminal de 0,56. Nas correlações fenotípicas as estimativas variaram entre -0,87 a 0,66 sendo tais estimativas referentes as análises entre peso à emergência com volume da vesícula seminal (-0,87) e peso à emergência com peso da vesícula seminal (0,66). Todas as características avaliadas em análise unicarater apresentam potencial de seleção, as correlações genéticas entre o peso do zangão à emergência e a característica de volume da vesícula seminal são determinados, em parte, pelo mesmo conjunto de genes, porém são antagônicas até certo ponto. Diante das estimativas de herdabilidade encontradas o peso à emergência (0,75 em análise unicarater a 0,99 em análises tricarater) destaca-se como a característica mais viável, para ser utilizada em programas de melhoramento genético de abelhas africanizadas, visando o maior potencial reprodutivo de zangões *A. mellifera* africanizadas.

**Palavras Chaves:** Herdabilidade. Correlação genética. Características reprodutivas em insetos. Tamanho do zangão.

## ABSTRACT

RAULINO, Fernanda. Genetic aspects for reproductive measures in drones' *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). The Emergency, 2015. Work (Course Conclusion II) - Undergraduate Program at Bachelor in Zootechny, Federal Technological University of Paraná. Dois Vizinhos, 2015.

Work was to assess genetic parameters for reproductive measures of drones' Africanized males. The data were analyzed for total weight measures to emergency, gland weight of mucus and seminal vesicle, area of the gland of mucus and seminal vesicle, gland volume of mucus and seminal vesicle the emergence of 1000 drones' children of nine queens in different generations. As fixed effect was considered the time they were created in spring and summer, as (co) variable was used the waiting time to be weighed and measured. The analyzes were performed through the Bayesian inference using the animal model. Analyzes were performed and tricarater bicarater unicarater, for all characteristics. In unicarater analysis, the additive genetic variance proportion was responsible for more than 50% of the total phenotypic variance and the heritability estimates presented magnitude estimates from medium to high for all characteristics, being 0.75 For weight to emergency, 0.59 for gland weight of mucus, 0.68 for weight of the seminal vesicle, 0.69 for the area of the gland of mucus, 0.68 for the seminal vesicle area, 0.63 for gland volume of mucus, and 0.70 for volume of seminal vesicle. The genetic correlations were low to average magnitude ranging between -0.008 0.56, the greater genetic correlation was between gland volume of mucus and seminal vesicle volume of 0.56. In the phenotypic correlations estimates varied between 0.87 to 0.66 being such estimates for the analyzes between weight at the emergency room of the seminal vesicula volume (0.87) and weight to the emergency with the weight of the seminal vesicle (0.66). All the characteristics evaluated in unicarater analysis show potential of selection, genetic correlations between the weight of the emergency and the zangão characteristic of volume of seminal vesicle are determined in part by the same set of genes, but are antagonistic to some extent. In the face of the Estimates of heritability found the weight to the emergency (0.75 in analyze unicarater 0,99 in analyzes tricarater) stands out as the most feasible characteristic, to be used in genetic improvement programs of africanized honey bees, aiming at the higher reproductive potential of drones' *A. mellifera* africanized honeybees.

**Key words:** heritability. Genetic correlation. Reproductive characteristics in insects. Size of drone.



## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>10</b> |
| <b>2. OJETIVOS.....</b>   | <b>12</b> |
| 2.1 OBJETIVO GERAL.....   | 12        |
| 2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....  | 12        |
| <b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>  | <b>13</b> |
| 3.1 MELHORAMENTO GENÉTICO NA APICULTURA.....                                    | 13        |
| 3.2 ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS EM ABELHAS <i>Apis mellifera</i> L..... | 14        |
| 3.3 APARELHO REPRODUTOR DE ZANGÕES <i>Apis mellifera</i> L.....                 | 14        |
| <b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>   | <b>16</b> |
| <b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>   | <b>20</b> |
| <b>6. CONCLUSÃO.....</b>  | <b>30</b> |
| <b>7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>                                 | <b>30</b> |
| <b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                                       | <b>31</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

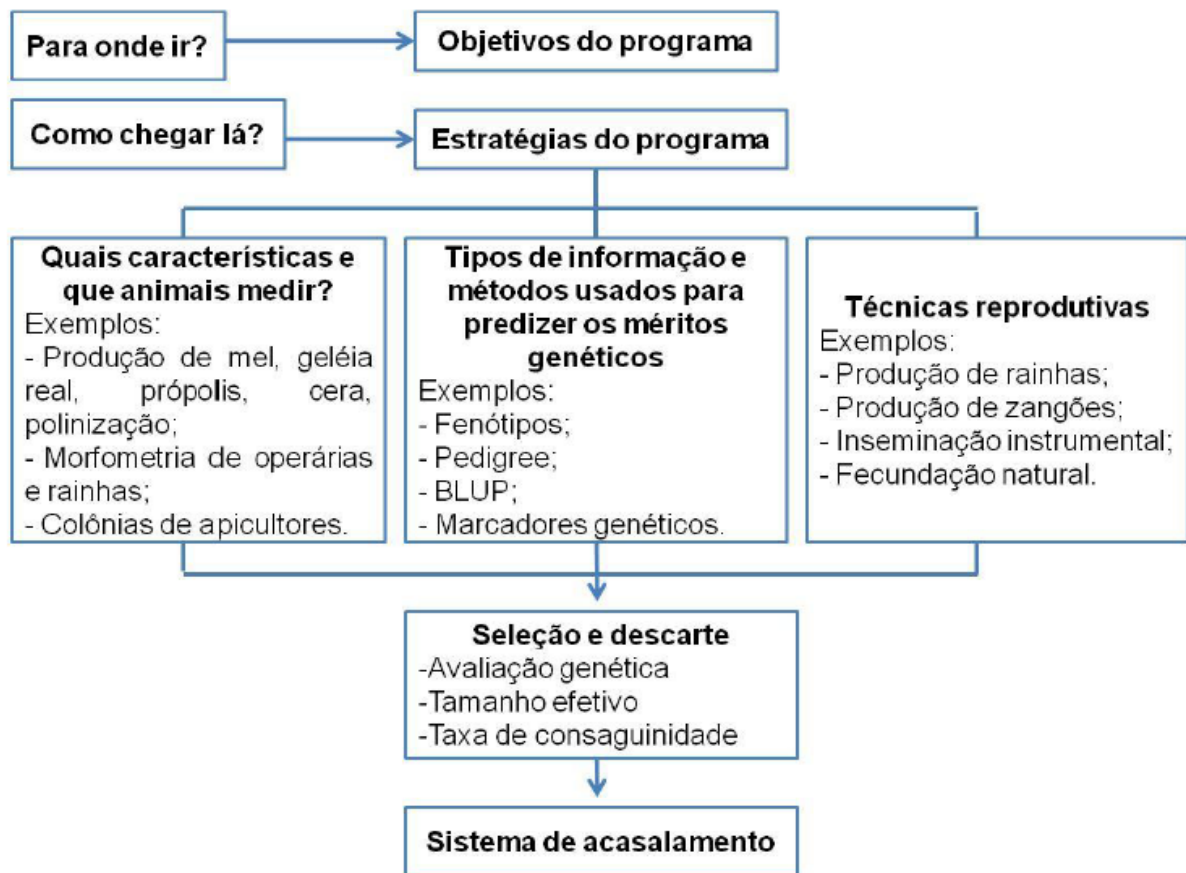
A produção animal é resultado de vários fatores de origem ambiental e genética. A genética é base para o estabelecimento de programas de melhoramento, e o ambiente é o fator que limita a capacidade de resposta dos animais aos processos de seleção (MARTINEZ e SOARES, 2012; PERREIRA, 2012). As obtenções de estimativa de parâmetros genéticos em programas de melhoramento genético animal, possibilitam à escolha do método apropriado para seleção e, determinação de quais características são economicamente importantes e viáveis (SILVEIRA, 2007).

A apicultura destaca-se como uma atividade em desenvolvimento no país, com grande potencial de crescimento tanto em produção como em qualidade dos reprodutores utilizados (COSTA – MAIA, 2013). Atualmente o Brasil está locado como nono maior produtor mundial de mel (IBGE, 2014), tendo como seus principais importadores, os Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, Alemanha, Bélgica e Argentina. O valor acumulado de mel exportado entre os anos de 2009 a 2012 foi de 228.846.505,00 dólares, com uma produção de 79.119.478 kg (SEBRAE, 2013; COSTA – MAIA, 2013).

Dentre os vários fatores que podem influenciar a produtividade de uma colônia a condição dos indivíduos é a mais importante. Neste contexto, o melhoramento animal se faz de grande valia, uma vez que este possibilita a utilização do valor fenotípico médio dos indivíduos e conseqüentemente um provável aumento de produtividade.

A estruturação de um programa de melhoramento genético deve levar em conta vários aspectos para que este obtenha sucesso (Figura 1), como por exemplo, a definição das estratégias tais como objetivos e critérios de seleção, o treinamento de pessoal, e manejo adequado (COSTA – MAIA e LINO, 2009).

Poucos são os estudos de parâmetros genéticos em *A. mellifera* africanizada mundialmente (MARTINS, 2014). No Brasil destacam-se atualmente trabalhos de pesquisadores como Faquinello et al. (2011), Costa-Maia et al. (2011), Wielewski et al. (2012), Halak (2012), Padilha et al. (2013) e Garcia et al. (2013) com estimativas de parâmetros genéticos para abelhas africanizadas, utilizando as metodologias de Modelos Mistos e Inferência Bayesiana (Costa-Maia, 2013).



**Figura 1. Questões decisivas em programas de melhoramento genético de abelhas segundo Costa-Maia e Lino (2009), adaptado de Kinghorn, Werf e Ryan (2006).**

Em pesquisas realizadas em abelhas, a rainha é tida como principal indivíduo a ser selecionados, pois ela é responsável por dar origem aos demais indivíduos da colônia e por imprimir nas operárias metade de sua carga genética e toda a carga genética nos zangões (RINDERER; COLLINS; BROWN, 1983). Porém se levarmos em consideração que o zangão é responsável por metade do material genético herdado pelas operárias a sua influência no programa de melhoramento genético animal começa a se destacar (FAQUINELLO et al.2011).

Devido à escassez de pesquisas que avaliem a contribuição genética dos zangões, e para que um programa de melhoramento genético em *Apis mellifera* africanizada obtenha sucesso e eficiência, a produção e seleção de machos e fêmeas oriundos de matrizes superiores e técnicas de manejo adequadas devem ser adotadas, a fim de selecionar os melhores indivíduos para o programa.

Tendo como premissa que peso a emergência e volume de espermateca em rainhas africanizadas à emergência, possuem herdabilidade e correlações de média e alta magnitude,

este trabalho busca verificar se para zangões estas características também podem ser admitidas como selecionáveis.

A partir da investigação dos parâmetros genéticos de uma população é possível descobrir quais as características podem ser usadas para seleção, bem como estabelecer o método de seleção mais adequado. Diante disso o objetivo do presente trabalho é avaliar parâmetros genéticos para zangões *Apis mellifera* africanizados à emergência.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Estimar parâmetros genéticos para medidas reprodutivas de zangões *Apis mellifera* africanizados à emergência.

Determinar quais características tem potencial para serem selecionadas.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Estimar herdabilidade para todas as características e correlações genéticas para todas as combinações possíveis entre as características de:

- Peso à emergência;
- Peso da glândula de muco
- Peso da vesícula seminal;
- Área da glândula de muco
- Área vesícula seminal;
- Volume da glândula de muco
- Volume da vesícula seminal.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. MELHORAMENTO GENÉTICO NA APICULTURA

O melhoramento genético de abelhas apresenta algumas particularidades em relação a outras espécies animais, devido ao seu comportamento reprodutivo. A rainha tem habito de fecundação múltiplo está cópula com vários zangões com o propósito de preencher a espermateca (MARTINS, 2014; COSTA-MAIA, 2013). As abelhas apresentam um sistema haplo-diploide, pois existem indivíduos haploides (zangões) e diploides (rainha e operárias) na colônia. Por ser  $n$ , o zangão transfere todo o material genético herdado de sua progenitora para os seus descendentes, uma vez que recebe metade dos genes da rainha que é  $2n$ , (COSTA-MAIA; LINO, 2009).

Em abelhas africanizadas, a rainha é alvo de toda a seleção, pois ela é a única fêmea fértil da colônia, responsável por metade do material genético herdado pelas operárias e de todo o material herdado pelos zangões (SOUZA, 2011). Diante disto, é fundamental a avaliação das rainhas, estas são de fácil mensuração o que permite a obtenção de dados precisos e com maior acurácia (DIONELLO et al., 2008).

Técnicas como a inseminação instrumental permitem o controle dos acasalamentos (Cobey, 2007). A avaliação precisa de zangões e rainhas permite a seleção dos verdadeiros animais geneticamente superiores, o que leva a uma maior acurácia e eficiência do programa de melhoramento (COSTA-MAIA, 2013; MARTINEZ; SOARES, 2012; COSTA-MAIA; LINO, 2009; MARTINS, 2014).

Atualmente apenas a genealogia materna é levada em consideração nos programas de melhoramento genético de *Apis mellifera* africanizadas, uma vez que o controle da genealogia paterna ainda não foi estabelecido para esta espécie.

#### 3.2 ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS EM ABELHAS *Apis mellifera* L.

Geralmente características economicamente importantes são correlacionadas entre si, ao alterarmos uma característica estaremos alterando também as demais características do animal, uma vez que o animal é composto por várias características (FALCONER, 1987; COSTA-MAIA, 2013), caso não haja conhecimento prévio das correlações entre as características do animal alguma característica importante pode ser mascarada ou eliminada pelo processo de seleção.

Em abelhas africanizadas, trabalhos que avaliem estimativas de parâmetros genéticos tais como  $h^2$  e  $rg$  de características econômicas e produtivas são escassos. A herdabilidade ( $h^2$ ) é a resposta da variância fenotípica devido a variância genotípica (KLUG et al. 2010). É também definida como o grau de confiança do valor fenotípico como forma de chegar ao valor genético (FALCONER, 1987). A correlação genética ( $rg$ ) é uma medida de associação, que mede a probabilidade de duas características diferentes serem afetadas pelos mesmos genes (LOPES, 2005), como por exemplo, peso da rainha e produção de mel.

Trabalhos desenvolvidos por pesquisadores como Costa (2005), Faquinello (2007), Bienefeld et al. (2007), Souza et al. (2012) e Martins (2014), correlacionando peso de rainhas africanizadas recém emergidas, levando em consideração apenas a genealogia materna, com o objetivo de verificar se o peso à emergência pode ser utilizado como ferramenta de seleção para a produção de mel, obtiveram resultados satisfatórios, concluindo que a característica de peso a emergência poderia ser utilizada como critério de seleção para a produção de mel.

Segundo Costa-Maia (2013), o peso da rainha à emergência possui herdabilidade alta (0,76), indicando que a variação das características para a produção de mel é influenciada em grande parte pela genética aditiva.

Em rainhas *Apis mellifera* africanizadas vários autores destacam a associação de características fenotípicas a características genéticas e comportamentais da colônia (COSTA-MAIA; LINO, 2009). As autoras também afirmam que o peso da rainha a emergência está relacionado ao potencial reprodutivo da mesma, estando este correlacionado com o número de ovários e tamanho da espermateca.

Costa-Maia e Lino (2009) ao avaliarem a herdabilidade para a produção de mel e a influência materna encontraram herdabilidade direta (0,34) e materna de (0,11). As autoras concluíram que a influência materna quando comparada com a genética aditiva das operárias na produção de mel é menor, mostrando, porém, forte correlação entre produção de mel e peso da rainha à emergência (0,73). Estudos genéticos para características produtivas e reprodutivas em zangões *A. mellifera* africanizados são escassos na literatura. Os poucos trabalhos realizados com zangões são de ordem fenotípica.

Berg et al. (1997) trabalhou com comparação entre zangões de diferentes tamanhos, pequenos oriundos de células de operárias e zangões maiores oriundos de células zanganeiras, observou que os zangões maiores quando nas áreas de congregação obtém maior sucesso reprodutivo, quando comparados com zangões de porte menor, oriundos de células de operárias, segundo os autores isso pode ser associado ao tamanho da asa ser maior.

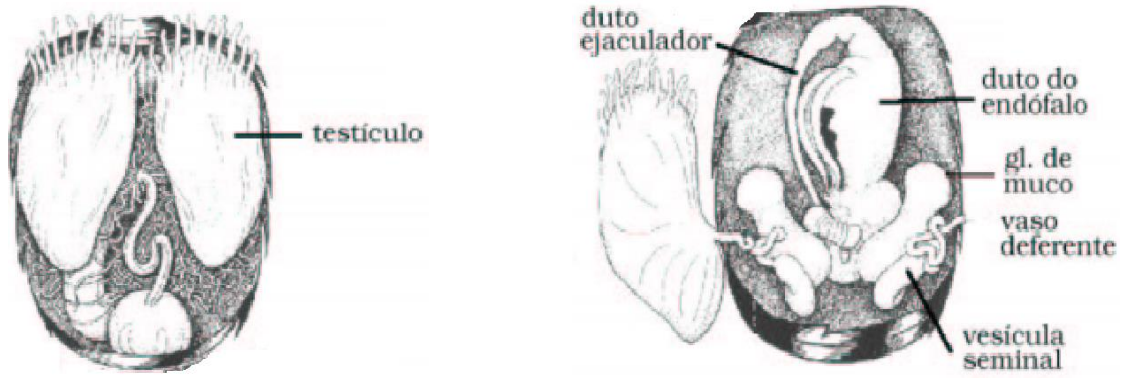
Schlüns et al. (2003) avaliaram o efeito do tamanho do corpo do zangão na produção de sêmen. Utilizando as mesmas colônias, zangões foram criados em células de zangão (zangões maiores) e em células de trabalho (zangões pequenos), o tamanho das asas foi utilizado como indicador de tamanho, e a produção de espermatozoides comparada entre os dois grupos. Segundo os autores zangões menores produziram menor quantidade de espermatozoides que zangões maiores. Foi observado uma correlação positiva significativa entre o número de espermatozoides e o tamanho das asas dentro do grupo dos zangões pequenos, já no grupo dos zangões maiores esta correlação não foi observada. Isso se deve ao fato de que zangões menores produzem mais espermatozoides em relação a seu peso corporal, no entanto zangões maiores possuem vantagem nas áreas de congregações.

### 3.3 APARELHO REPRODUTOR DE ZANGÕES *Apis mellifera*

O sistema reprodutor do macho em insetos, geralmente é formado por um par de testículos, vasos deferentes, vesículas seminais, glândulas acessórias e ducto ejaculador (CRUZ-LANDIM, 2008). Os testículos de *A. mellifera* são compostos em média por 200 folículos (CAMPOS, 2008). O ducto ejaculatório é ligado aos testículos através dos vasos deferentes. As vesículas seminais por sua vez, são regiões dilatadas e modificadas dos vasos deferentes, é uma região dilatada e modificada dos vasos deferentes, possui como função primordial a estocagem dos espermatozoides até a transferência do mesmo para a fêmea na copula. As glândulas acessórias se tornam funcionais no início da vida adulta, suas secreções são associadas ao transporte, maturação, nutrição e ativação dos espermatozoides, indução e aceleração da oviposição nas fêmeas, (Figura 2) (KLEIN et al., 2012; GILLOT, 2003).

No gênero himenóptera o sexo é determinado através do sistema haplo-diploide, no qual os machos são haploides, oriundos de ovos não fecundados e as fêmeas diploides, de ovos fecundados (KLEIN et al., 2012; CRUZ-LANDIM, 2008). Em *A. mellifera* a espermatogênese tem início no estágio de pupa e termina no início da fase de imago (KLEIN et al., 2012). Entre o 3º e 8º dia de vida dos zangões, os espermatozoides migram dos testículos para as vesículas seminais. A migração espermática ocorre independente da dieta alimentar, mas é influenciada diretamente pela temperatura (CRISTINO, 2003).





**Figura 2.** Aparelho reprodutor de Zangão *Apis mellifera*, imaturo sexualmente. Adaptado de Dade 1994.

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, na Unepe de Apicultura no período outubro de 2013 a abril de 2014.

Foram utilizadas nove colônias consideradas como nove matrizes fornecedoras de zangões. Ao total foram programados, produzidos e pesados à emergência 1000 zangões africanizados.

A produção de zangões foi realizada com favos de oviposição com cera alveolada de zangão programada 26 dias antes da emergência. Vinte e quatro dias após a programação os quadros com a cria operculada foram levados para estufa (Fotografia 1), com temperatura e umidade controladas de 34°C e 60%, respectivamente.



**Fotografia 1- Quadro com cria operculada de zangões *Apis mellifera* africanizadas, dentro de estufa.**

**Fonte: Rodrigues (2013) UTFPR, Campus Dois Vizinhos.**

A partir de então houve o monitoramento ininterrupto da emergência dos zangões sendo anotado o horário da emergência, genealogia e peso. Para a pesagem os zangões foram anestesiados com CO<sub>2</sub> e utilizada uma balança analítica de precisão de 0,0001g (Fotografia 2).



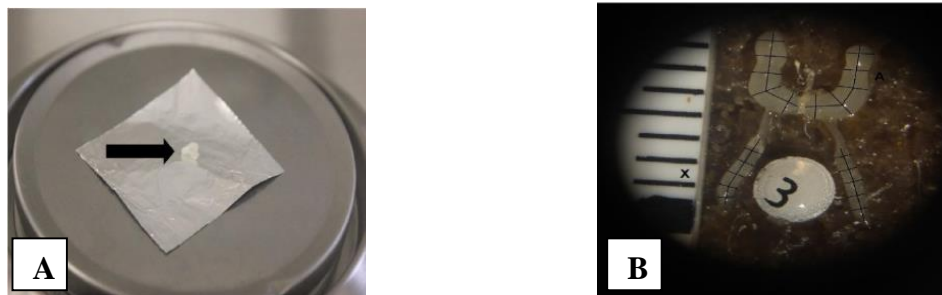
**Fotografia 2 - Pesagem de zangão *Apis mellifera* africanizada em balança de precisão (Shimadzu /AX-200)**

**Fonte: Fornazari (2015) UTFPR, Campus Dois Vizinhos.**

Após as mensurações dos pesos à emergência, os zangões foram anestesiados por resfriamento, durante, aproximadamente, quatro minutos, a temperatura de 4°C. Na sequência foi retirada a cabeça, pernas e asas de cada zangão. O tórax e abdômen foram fixados com o

auxílio de dois alfinetes entomológicos, em uma placa de Petri contendo cera de abelha e dissecionados com o auxílio de uma pinça (Relojoeiro 12 cm Reta) e tesoura (Cirúrgica Oftálmica Capsulotomia Curva Vannas IM-283AA), sob microscópio estereoscópico binocular (Quimis /Q714Z-1). Para a exposição das glândulas e vesículas seminais foram utilizados dois alfinetes entomológicos adaptados a um cabo de acrílico.

Para a medição da área foram tiradas fotografias das glândulas e das vesículas com auxílio da ocular milimetrada acoplada ao microscópio óptico binocular (Alltion), por meio do programa Image Tool Versão 3.0.



**Fotografia 3 - (A) Pesagem do sistema reprodutor em balança de precisão (Shimadzu/AX-200), (B) Medida da área e do volume da vesícula seminal e glândula de muco de zangões de *Apis mellifera* africanizadas (microscópio óptico binocular Alltion, por meio do programa Image Tool Versão 3.0).**

**Fonte: Souza (2013) UTFPR, Campus Dois Vizinhos.**

De posse dos dados foram estimadas as variâncias genéticas aditivas, e residuais por meio do programa MTGSAM que procede a inferência Bayesiana (VAN TASSEL, C.P.; VAN VLECK, L.D. 1995). Como efeito fixo foi considerada a época (verão e primavera) em que os zangões foram criados e como (co) variável foi utilizado o tempo de espera antes das medições.

O modelo animal admitido foi:

$$y = X\beta + Za + e$$

Em que,

$y$  é o vetor de observações;

$X$  é a matriz de incidência dos efeitos fixos, contida no vetor  $\beta$ ;

$\beta$  é vetor dos efeitos fixos;

$Z$  é a matriz de incidência dos efeitos genéticos aditivos;

$a$  é o vetor de efeitos genéticos aditivos;

$e$  é o vetor dos erros aleatórios associados a cada observação.

Onde  $y$ ,  $a$  e  $e$  apresentam distribuição conjunta normal multivariada, como segue abaixo:

$$\begin{bmatrix} y \\ a \\ e \end{bmatrix} \sim NMV \left\{ \begin{bmatrix} X\beta \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} ZGZ'+R & ZG & R \\ GZ' & G & 0 \\ R & 0 & R \end{bmatrix} \right\}$$

Na análise unicarater,  $G$  é a matriz de (co) variâncias genéticas dada por  $A\sigma_a^2$ , sendo  $A$  a matriz de parentesco e  $\sigma_a^2$ , a variância genética aditiva;  $R$  é a matriz de variância residual dada por  $I\sigma_e^2$ , sendo  $I$  a matriz identidade e  $\sigma_e^2$ , a variância residual da característica.

Para a análise tricarater, a matriz  $G$  é dada por  $G_0 \otimes A$ , sendo  $A$  a matriz de parentesco e  $G_0$  a matriz de (co) variância genética aditiva, como segue:

$$G_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{a_1}^2 & \sigma_{a_1a_2} & \sigma_{a_1a_3} \\ \sigma_{a_2a_1} & \sigma_{a_2}^2 & \sigma_{a_2a_3} \\ \sigma_{a_3a_1} & \sigma_{a_3a_2} & \sigma_{a_3}^2 \end{bmatrix}$$

A matriz  $R$  é dada por  $R_0 \otimes I$ , sendo  $I$  a matriz identidade e  $R_0$  a matriz de variâncias residuais, como segue:

$$R_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{e_1}^2 & \sigma_{e_1e_2} & \sigma_{e_1e_3} \\ \sigma_{e_2e_1} & \sigma_{e_2}^2 & \sigma_{e_2e_3} \\ \sigma_{e_3e_1} & \sigma_{e_3e_2} & \sigma_{e_3}^2 \end{bmatrix}$$

Sendo geradas cadeias de Gibbs de 130.000 interações com descarte inicial de 50.000 e intervalo de amostragem de 1.000 interações para todas as análises. Por meio das amostras dos componentes de variância, foram calculadas as herdabilidades para todas as características à emergência por meio da seguinte formula:

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_y^2}$$

Em que,

$h^2$  é a estimativa de herdabilidade;

$\sigma_a^2$  é a variância genética aditiva;

$\sigma_y^2$  é a variância fenotípica.

As correlações genéticas para todas as características possíveis, combinadas duas a duas, foram calculadas por meio da à equação a seguir:

$$r_g = \frac{\sigma_{a_1 a_2}}{\sqrt{\sigma_{a_1}^2 \cdot \sigma_{a_2}^2}}$$

Em que,

$r_g$  é a correlação genética entre as características 1 e 2;

$\sigma_{a_1 a_2}$  é a covariância genética aditiva entre as características 1 e 2;

$\sigma_{a_1}^2$  e  $\sigma_{a_2}^2$  são as variâncias genéticas aditivas das características 1 e 2.

As correlações fenotípicas para todas as características possíveis, combinadas duas a duas, foram calculadas por meio da à equação a seguir:

$$r_y = \frac{\sigma_{y_1 y_2}}{\sqrt{\sigma_{y_1}^2 \cdot \sigma_{y_2}^2}}$$

Em que,

$r_y$  é a correlação fenotípica entre as características 1 e 2;

$\sigma_{y_1 y_2}$  é a covariância fenotípica entre as características 1 e 2;

$\sigma_{y_1}^2$  e  $\sigma_{y_2}^2$  são as variâncias fenotípicas das características 1 e 2.

Foi construído o intervalo de credibilidade e região de alta densidade para todos os componentes de (co) variância e parâmetros genéticos estimados ao nível de 90 % de credibilidade. A monitoração da convergência das cadeias geradas pelo amostrador de Gibbs foi feita por meio da utilização dos testes de diagnóstico de Geweke e de Heidelberger & Welch, disponíveis no CODA (Convergence Diagnosis and Output Analysis), implementada no programa R.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As médias e desvios padrão das características à emergência foram,  $240,79 \pm 21,40$  mg para peso,  $5,12 \pm 0,77$  mg para peso da glândula de muco,  $1,30 \pm 0,30$  mg para peso da vesícula seminal,  $3,63 \pm 0,82$  mm para área da vesícula seminal,  $6,67 \pm 1,40$  mm para área da glândula de muco,  $2,18 \pm 0,67$  mm<sup>3</sup> para volume da vesícula seminal e  $6,95 \pm 1,88$  mm<sup>3</sup> para volume da glândula de muco.

A média do peso à emergência dos zangões *A. mellifera* africanizados (240,79 mg) foi superior a encontrada por Rinderer *et al.* (1985) de 194,6 mg em zangões africanizados e 220,2 mg em zangões europeus. Os autores também avaliaram à emergência o peso da glândula de muco e peso da vesícula seminal encontrando média de 14,40 mg para peso da glândula de muco de zangões africanizados e 14,2 mg em zangões europeus, para peso da vesícula seminal 1,5 mg para zangões africanizados e 1,6 mg para zangões europeus, sendo estas superiores as observadas neste trabalho, 5,12 mg para peso da glândula de muco e 1,30, para peso da vesícula seminal. As diferenças encontradas podem ser explicadas devido à composição genética entre as populações, fatores ambientais e número de zangões avaliados.

Trabalhos voltados para a investigação de parâmetros genéticos em zangões são inexistentes até o presente momento, sendo assim, o estudo dos componentes de variância e estimativas de herdabilidade, como observados na Tabela 1, são fundamentais para definir um critério de seleção e conseqüentemente, a correta estruturação de um programa de melhoramento genético em *A. mellifera*.

Tabela 1 - Estimativas de variância genética aditiva ( $\sigma_a^2$ ), residual ( $\sigma_e^2$ ), fenotípica ( $\sigma_y^2$ ) e herdabilidade ( $h^2$ ), em análise unicarater, com seus respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade, ao nível de 90%, para peso à emergência (PE), peso da glândula de muco (PGM) e peso da vesícula seminal (PVS), área da vesícula seminal (AV), área da glândula de muco (AG), volume da glândula de muco (VG), volume da vesícula seminal (VV) de zangões africanizados à emergência.

| Variáveis        | Estimativas          |                  |                   |               |
|------------------|----------------------|------------------|-------------------|---------------|
|                  | $\sigma_a^2$         | $\sigma_e^2$     | $\sigma_y^2$      | $h^2$         |
| PE <sup>1</sup>  | 449,90               | 130,49           | 580,40            | 0,75          |
|                  | (209,98 - 648,01) *  | (31,03 - 253,10) | (464,07 - 687,53) | (0,45 - 0,95) |
|                  | (238,69 - 660,52) ** | (23,64 - 236,02) | (465,33 - 687,89) | (0,53 - 0,98) |
| PGM <sup>1</sup> | 0,65                 | 0,29             | 0,94              | 0,59          |
|                  | (0,40 - 0,98)        | (0,16 - 0,44)    | (0,73 - 1,26)     | (0,22 - 0,92) |
|                  | (0,34 - 0,89)        | (0,14 - 0,41)    | (0,71 - 1,21)     | (0,26 - 0,94) |
| PVS <sup>1</sup> | 0,12                 | 0,08             | 0,19              | 0,68          |
|                  | (0,07 - 0,19)        | (0,02 - 0,12)    | (0,14 - 0,25)     | (0,51 - 0,83) |
|                  | (0,06 - 0,18)        | (0,03 - 0,12)    | (0,14 - 0,24)     | (0,52 - 0,84) |
| AG <sup>2</sup>  | 0,77                 | 0,33             | 1,11              | 0,69          |
|                  | (0,49 - 1,11)        | (0,19 - 0,52)    | (0,84 - 1,45)     | (0,51 - 0,83) |
|                  | (0,48 - 1,08)        | (0,18 - 0,48)    | (0,78 - 1,36)     | (0,54 - 0,85) |
| AV <sup>2</sup>  | 0,52                 | 0,22             | 0,75              | 0,68          |
|                  | (0,28 - 0,83)        | (0,12 - 0,37)    | (0,54 - 1,03)     | (0,46 - 0,85) |
|                  | (0,24 - 0,78)        | (0,10 - 0,33)    | (0,53 - 1,00)     | (0,50 - 0,87) |
| VG <sup>3</sup>  | 1,44                 | 0,79             | 2,23              | 0,63          |
|                  | (0,68 - 2,29)        | (0,42 - 1,24)    | (1,64 - 2,96)     | (0,39 - 0,83) |
|                  | (0,59 - 2,14)        | (0,37 - 1,15)    | (1,55 - 2,83)     | (0,41 - 0,84) |
| VV <sup>3</sup>  | 0,41                 | 0,16             | 0,57              | 0,70          |
|                  | (0,26 - 0,59)        | (0,10 - 0,25)    | (0,43 - 0,76)     | (0,57 - 0,82) |
|                  | (0,26 - 0,58)        | (0,09 - 0,23)    | (0,41 - 0,73)     | (0,57 - 0,82) |

<sup>1</sup>miligramas; <sup>2</sup> milímetros; <sup>3</sup> milímetros cúbico; \* Intervalo de credibilidade ao nível de 90%; \*\* Região de alta densidade ao nível de 90%.

O valor de herdabilidade observado com maior magnitude entre as características foi para peso à emergência (0,75). Este valor está relacionado à maior proporção de variância genética aditiva na expressão da característica, indicando que a mesma sofre menor influência ambiental, uma vez que a herdabilidade é um cálculo proporcional, definida como a proporção da variância genética sobre a proporção da variância fenotípica (PEREIRA, 2012). As demais características avaliadas apresentaram herdabilidade de alta magnitude.

Por meio da tabela 2 são apresentadas as estimativas de correlações fenotípicas e correlações genéticas em análise bicarater. As correlações fenotípicas apresentam-se na diagonal superior da tabela e as correlações genéticas na diagonal inferior. Algumas estimativas não indicaram convergência sendo apresentadas com a anotação nc (não convergência). Para determinar se as características foram de alta, média ou baixa magnitude, foi utilizado o

seguinte critério, de 0 a 0,20 baixa magnitude, 0,20 a 0,50 média magnitude, acima de 0,50 alta magnitude.

Tabela 2 - Estimativas de correlações genética aditiva na diagonal inferior ( $r_{g_{a_1a_2}}$ ) e fenotípica na diagonal superior ( $r_{y_{y_1y_2}}$ ) em análise bicarater, para peso à emergência (PE), peso da glândula de muco (PGM) e peso da vesícula seminal (PVS), área da vesícula seminal (AV) e área da glândula de muco (AG), volume da glândula de muco (VG) e volume da vesícula seminal (VV) de zangões africanizados a emergência.

| $r_{g_{a_1a_2}}$ | PE         | PGM      | PVS     | AG      | AV      | VG   | VV       |
|------------------|------------|----------|---------|---------|---------|------|----------|
| PE               |            | 0,12     | 0,66 nc | 0,11 nc | 0,19 nc | 0,12 | -0,87 nc |
| PGM              | -0,0008 nc |          | 0,46    | 0,21    | 0,04 nc | 0,36 | 0,16 nc  |
| PVS              | 0,09 nc    | 0,52     |         | 0,37    | 0,11 nc | 0,23 | 0,27     |
| AG               | 0,06 nc    | 0,15 nc  | 0,42    |         | 0,52    | 0,30 | 0,37     |
| AV               | 0,26       | -0,12 nc | 0,12 nc | 0,41 nc |         | 0,41 | 0,45     |
| VG               | 0,26 nc    | 0,18 nc  | 0,26    | 0,22 nc | 0,03 nc |      | 0,53     |
| VV               | 0,44       | 0,03 nc  | 0,32    | 0,46    | 0,53    | 0,56 |          |

\*nc: não convergência

Observa-se que as correlações genéticas foram positivas para todas as características exceto para peso à emergência e área da vesícula seminal, quando analisadas com peso da glândula de muco apresentaram correlações negativas, de baixa magnitude, -0,0008 e -0,12 respectivamente. As demais características apresentaram correlações genéticas de baixa a média magnitude.

Dentre as características estudadas destacou-se o volume da vesícula seminal, que apresentou correlações genéticas positivas de média magnitude com todas as características avaliadas com exceção de peso da glândula de muco (0,03). Quando analisada com peso à emergência está apresentou correlação genética (0,44), indicando que se selecionarmos para peso à emergência possivelmente ganha-se em volume da vesícula seminal. Esta correlação permanecer quando o indivíduo estiver maduro sexualmente, o maior volume da vesícula possibilitará maior armazenamento de espermatozoides (CRUZ – LANDIM, 2009).

A estimativa de correlação fenotípica foi positiva de baixa a média magnitude para todas as características, exceto para peso a emergência com volume da vesícula seminal que



que foi negativa de alta magnitude (-0,87), demonstrando que ambas as características são antagônicas até certo ponto, porém geneticamente a correlação para as características quando analisadas em conjunto demonstra-se positiva de média magnitude (0,44), possivelmente podem indicar que ambas possuem genes em comum, portanto se selecionarmos para uma das características provavelmente ganharemos na outra.

Levando-se em consideração que características reprodutivas são de difícil mensuração (PEREIRA, 2012), e que se faz necessário a dissecação do indivíduo para se ter acesso a cavidade abdominal e conseqüentemente aos órgãos reprodutivos, a seleção direta para qualquer uma das características estudadas exceto para peso à emergência torna-se praticamente inviável, uma vez que com a dissecação o indivíduo morre, porém é possível a utilização de irmãos completos, uma vez que estes possuem em média a mesma carga genética devido a sua origem comum.

Na Tabela 3 são apresentadas as estimativas de herdabilidade para todas as características em análise bicarater, na primeira coluna encontram-se as variáveis em estudo duas a duas, na segunda coluna se encontra a herdabilidade para a primeira característica em análise e na terceira coluna a herdabilidade para a segunda característica avaliada.

Todas as estimativas de herdabilidade foram de média a alta magnitude, exceto peso à emergência com peso da vesícula seminal (0,10), tal estimativa de baixa magnitude pode ser explicada pela maior quantidade de informações utilizadas na análise e a conseqüente refinação da informação. De maneira geral todas as estimativas se mantiveram ou foram superiores à análise unicarater, tal superioridade das estimativas de herdabilidade indicam que a análise bicarater contribuiu para resgatar uma proporção maior da variância genética aditiva, devido ao maior número de informações utilizadas na análise.

Tabela 3 - Estimativas de herdabilidade ( $h^2$ ) em análise bicarater, com seus respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade, ao nível de 90%, para peso à emergência (PE), peso da glândula de muco (PGM) e peso da vesícula seminal (PVS), área da vesícula seminal (AV), área da glândula de muco (AG), volume da glândula de muco (VG), volume da vesícula seminal (VV) de zangões africanizados à emergência.

| Variáveis | $h_1^2$                                | $h_2^2$                                   |
|-----------|--|---|
|           | 0,80                                   | 0,50                                      |
| PE.VG     | (0,51 – 0,96) *<br>(0,58 – 0,98)**     | (0,16 – 0,86)<br>(0,18 – 0,87)            |
| PE.VV     | 0,73<br>(0,44 – 0,94)<br>(0,52 – 0,96) | 0,72<br>(0,44 – 0,92)<br>(0,49 – 0,95)    |
| PE.AV     | 0,80<br>(0,52 – 0,96)<br>(0,58 – 0,98) | 0,54<br>(0,19 – 0,90)<br>(0,22 – 0,93)    |
| PE.AG     | 0,79<br>(0,51 – 0,96)<br>(0,57 – 0,97) | 0,56<br>(0,21 – 0,91)<br>(0,24 – 0,93)    |
| PE.PVS    | 0,79<br>(0,48 – 0,96)<br>(0,56 – 0,98) | 0,10<br>(0,03 – 0,21)<br>(0,02 – 0,18)    |
| PE.PGM    | 0,78<br>(0,51 – 0,95)<br>(0,57 – 0,98) | 0,53<br>(0,19 – 0,90)<br>(0,21 – 0,91)    |
| PGM.PVS   | 0,89<br>(0,53 – 0,98)<br>(0,74 – 0,99) | 0,85<br>(0,65 – 0,95)<br>(0,72 – 0,97)    |
| VV.PVS    | 0,87<br>(0,64 – 0,97)<br>(0,73 – 0,98) | 0,78<br>(0,48 – 0,94)<br>(0,57 – 0,96)    |
| VV.PGM    | 0,63<br>(0,36 – 0,84)<br>(0,41 – 0,88) | 0,41<br>(0,05 – 0,95)<br>(0,03 – 0,92)    |
| VG.PVS    | 0,94<br>(0,70 – 0,99)<br>(0,90 – 0,99) | 0,87<br>(0,71 – 0,96)<br>(0,75 – 0,97)    |
| VG.PGM    | 0,64<br>(0,19 – 0,95)<br>(0,23 – 0,97) | 0,66<br>(0,26 – 0,94)<br>(0,32 – 0,97)    |
| VG.VV     | 0,82<br>(0,27 – 0,98)<br>(0,44 – 0,98) | 0,85<br>(0,62 – 0,96)<br>(0,69 – 0,97)    |
| AV.PVS    | 0,79<br>(0,29 – 0,97)<br>(0,39 – 0,98) | 0,78<br>(0,62 – 0,96)<br>(0,58 – 0,97)    |
| AV.PGM    | 0,52<br>(0,20 – 0,83)<br>(0,21 – 0,84) | 0,47<br>(0,10 – 0,93)<br>(0,11 – 0,93)    |
| AV.VV     | 0,65<br>(0,23 – 0,91)<br>(0,31 – 0,95) | 0,81<br>(0,46 – 0,96)<br>(0,57 – 0,97)    |
| AV.VG     | 0,40<br>(0,15 – 0,73)<br>(0,13 – 0,69) | 0,30 nc<br>(0,02 – 0,93)<br>(0,01 – 0,89) |
| AG.PVS    | 0,88<br>(0,44 – 0,98)<br>(0,68 – 0,99) | 0,84<br>(0,62 – 0,95)<br>(0,71 – 0,97)    |
| AG.PGM    | 0,59<br>(0,24 – 0,88)<br>(0,26 – 0,89) | 0,58<br>(0,12 – 0,94)<br>(0,16 – 0,96)    |
| AG.AV     | 0,64<br>(0,21 – 0,94)<br>(0,25 – 0,95) | 0,64<br>(0,12 – 0,96)<br>(0,15 – 0,98)    |
| AG.VV     | 0,50<br>(0,15 – 0,90)<br>(0,16 – 0,90) | 0,82<br>(0,58 – 0,95)<br>(0,64 – 0,97)    |
| AG.VG     | 0,50<br>(0,19 – 0,81)<br>(0,20 – 0,81) | 0,46 nc<br>(0,04 – 0,95)<br>(0,03 – 0,94) |

\* Intervalo de credibilidade ao nível de 90%; \*\* Região de alta densidade ao nível de 90%; \*\*\*nc: não convergência

As estimativas de correlação genética, fenotípica e herdabilidade em análises tricarater para todas as características são abordadas nas tabelas 4 a 8. Algumas estimativas não apresentaram convergência, como algumas das estimativas apresentaram intervalos que passaram por zero foi feito a probabilidade, e a moda para as estimativas.

Tabela 4 - Estimativas de herdabilidade ( $h^2$ ), correlação genética ( $r_{g_{a_1 a_2}}$ ), e correlação fenotípica ( $r_{g_{y_1 y_2}}$ ) em análise tricarater, com seus respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade, ao nível de 90%, para peso (PE), volume da vesícula seminal (VV) e área da glândula de muco (AG) de zangões *Apis mellifera* africanizada.

| Componentes*      | Moda<br>( $M_0$ ) | Média   | Intervalo de<br>Credibilidade | Região de Alta<br>Densidade | Probabilidade<br>$r_{g_{a_x a_x}} > 0$ (%) |
|-------------------|-------------------|---------|-------------------------------|-----------------------------|--|
| $h_1^2$           | -                 | 0,99    | 0,99 – 0,99                   | 0,99 – 0,99                 | -  |
| $h_2^2$           | -                 | 0,62    | 0,32 – 0,95                   | 0,35 – 0,97                 | -  |
| $h_3^2$           | -                 | 0,83    | 0,67 – 0,97                   | 0,71 – 0,99                 | -  |
| $r_{g_{a_1 a_2}}$ | 0,17              | 0,23    | -0,04 – 0,56                  | -0,06 – 0,52                | 90,60                                      |
| $r_{g_{a_1 a_3}}$ | 0,07              | 0,08 nc | -0,12 – 0,29                  | -0,11 – 0,30                | 76,10                                      |
| $r_{g_{a_2 a_3}}$ | 0,17              | 0,03 nc | -0,46 – 0,45                  | -0,42 – 0,50                | 57,10                                      |
| $r_{g_{y_1 y_2}}$ | 0,18              | 0,16    | -0,04 – 0,38                  | -0,05 – 0,37                | 89,50                                      |
| $r_{g_{y_1 y_3}}$ | 0,06              | 0,08 nc | -0,12 – 0,26                  | -0,11 – 0,27                | 75,20                                      |
| $r_{g_{y_2 y_3}}$ | 0,18              | 0,20    | -0,06 – 0,47                  | -0,03 – 0,50                | 89,40                                      |

\*os índices 1, 2 e 3 representam o peso (PE), volume da vesícula seminal (VV) e área da glândula de muco (AG) respectivamente;  
<sup>1</sup>nc (não convergência)

Tabela 5- Estimativas de herdabilidade ( $h^2$ ), correlação genética ( $r_{g_{a_1 a_2}}$ ), e correlação fenotípica ( $r_{g_{y_1 y_2}}$ ) em análise tricarater, com seus respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade, ao nível de 90%, para peso (PE), volume da vesícula seminal (VV) e área da vesícula seminal (AV) de zangões *Apis mellifera* africanizada.

| Componentes*      | Moda<br>( $M_0$ ) | Média   | Intervalo de<br>Credibilidade | Região de Alta<br>Densidade | Probabilidade<br>$r_{g_{a_x a_x}} > 0$ (%) |
|-------------------|-------------------|---------|-------------------------------|-----------------------------|--|
| $h_1^2$           | -                 | 0,99    | 0,99 – 0,99                   | 0,99 – 0,99                 | -  |
| $h_2^2$           | -                 | 0,63    | 0,31 – 0,95                   | 0,35 – 0,97                 | -  |
| $h_3^2$           | -                 | 0,84    | 0,68 – 0,98                   | 0,71 – 0,99                 | -  |
| $r_{g_{a_1 a_2}}$ | 0,18              | 0,22    | -0,04 – 0,55                  | -0,06 – 0,52                | 90,40                                      |
| $r_{g_{a_1 a_3}}$ | 0,09              | 0,08 nc | -0,12 – 0,29                  | -0,14 – 0,27                | 75,70                                      |
| $r_{g_{a_2 a_3}}$ | 0,29              | 0,07 nc | -0,46 – 0,48                  | -0,35 – 0,56                | 61,20                                      |
| $r_{g_{y_1 y_2}}$ | 0,15              | 0,15    | -0,05 – 0,36                  | -0,04 – 0,37                | 89,70                                      |
| $r_{g_{y_1 y_3}}$ | 0,08              | 0,03 nc | -0,11 – 0,25                  | -0,11 – 0,26                | 73,80                                      |
| $r_{g_{y_2 y_3}}$ | 0,21              | 0,23    | -0,04 – 0,50                  | -0,04 – 0,49                | 91,30                                      |

\* os índices 1, 2 e 3 representam o peso (PE), volume da vesícula seminal (VV) e área da vesícula seminal (AV) respectivamente;  
<sup>1</sup>nc (não convergência)

Tabela 6 - Estimativas de herdabilidade ( $h^2$ ), correlação genética ( $r_{g_{a_1a_2}}$ ), e correlação fenotípica ( $r_{g_{y_1y_2}}$ ) em análise tricarater, com seus respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade, ao nível de 90%, para peso (PE), volume da vesícula seminal (VV) e peso da glândula de muco (PGM) de zangões *Apis mellifera* africanizada.

| Componentes*     | Moda<br>( $M_0$ ) | Média   | Intervalo de<br>Credibilidade | Região de Alta<br>Densidade | Probabilidade<br>$r_{g_{a_xa_x}} > 0$ (%) |
|------------------|-------------------|---------|-------------------------------|-----------------------------|---|
| $h_1^2$          | -                 | 0,99    | 0,99 – 0,99                   | 0,99 – 0,99                 | -   |
| $h_2^2$          | -                 | 0,61    | 0,31 – 0,95                   | 0,35 – 0,97                 | -   |
| $h_3^2$          | -                 | 0,83    | 0,67 – 0,97                   | 0,71 – 0,99                 | -   |
| $r_{g_{a_1a_2}}$ | 0,17              | 0,24    | -0,03 – 0,55                  | -0,04 – 0,54                | 91,70                                     |
| $r_{g_{a_1a_3}}$ | 0,08              | 0,09 nc | -0,12 – 0,30                  | -0,12 – 0,29                | 77,46                                     |
| $r_{g_{a_2a_3}}$ | 0,13              | 0,02 nc | -0,48 – 0,45                  | -0,44 – 0,47                | 55,60                                     |
| $r_{g_{y_1y_2}}$ | 0,20              | 0,16    | -0,03 – 0,38                  | -0,03 – 0,38                | 90,53                                     |
| $r_{g_{y_1y_3}}$ | 0,06              | 0,08 nc | -2,84 – 6,92                  | -2,90 – 6,80                | 77,46                                     |
| $r_{g_{y_2y_3}}$ | 0,18              | 0,20 nc | -0,07 – 0,47                  | -0,05 – 0,48                | 88,53                                     |

\* os índices 1, 2 e 3 representam o peso (PE), volume da vesícula seminal (VV) e peso da glândula de muco (PGM), respectivamente; nc (não convergência)

Tabela 7 - Estimativas de herdabilidade ( $h^2$ ), correlação genética ( $r_{g_{a_1a_2}}$ ), e correlação fenotípica ( $r_{g_{y_1y_2}}$ ) em análise tricarater, com seus respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade, ao nível de 90%, para peso (PE), volume da vesícula seminal (VV) e volume da glândula de muco (VG) de zangões *Apis mellifera* africanizada.

| Componentes*     | Moda<br>( $M_0$ ) | Média | Intervalo de<br>Credibilidade | Região de Alta<br>Densidade | Probabilidade<br>$r_{g_{a_xa_x}} > 0$ (%) |
|------------------|-------------------|-------|-------------------------------|-----------------------------|---|
| $h_1^2$          | -                 | 0,99  | 0,99 – 0,99                   | 0,99 – 0,99                 | -   |
| $h_2^2$          | -                 | 0,69  | 0,32 – 0,96                   | 0,38 – 0,98                 | -   |
| $h_3^2$          | -                 | 0,95  | 0,90 – 0,99                   | 0,91 – 0,99                 | -   |
| $r_{g_{a_1a_2}}$ | 0,19              | 0,21  | -0,04 – 0,53                  | -0,06 – 0,50                | 91,90                                     |
| $r_{g_{a_1a_3}}$ | 0,06              | 0,08  | -0,10 – 0,28                  | -0,12 – 0,26                | 78,30                                     |
| $r_{g_{a_2a_3}}$ | 0,55              | 0,48  | 0,21 – 0,67                   | 0,28 – 0,71                 | -   |
| $r_{g_{y_1y_2}}$ | 0,18              | 0,15  | -0,04 – 0,36                  | -0,04 – 0,35                | 89,50                                     |
| $r_{g_{y_1y_3}}$ | 0,06              | 0,08  | -0,10 – 0,28                  | -0,13 – 0,25                | 78,90                                     |
| $r_{g_{y_2y_3}}$ | 0,53              | 0,51  | 0,32 – 0,67                   | 0,33 – 0,67                 | -   |

\* os índices 1, 2 e 3 representam o peso (PE), volume da vesícula seminal (VV) e volume da glândula de muco (VG) respectivamente; nc (não convergência)

Tabela 8 - Estimativas de herdabilidade ( $h^2$ ), correlação genética ( $r_{g_{a_1 a_2}}$ ), e correlação fenotípica ( $r_{g_{y_1 y_2}}$ ) em análise tricarater, com seus respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade, ao nível de 90%, para peso (PE), peso volume da vesícula (PVS) e volume da vesícula seminal (VS) de zangões *Apis mellifera* africanizada.

| Componentes<br>*  | Moda ( $M_0$ ) | Média    | Intervalo de Credibilidade | Região de Alta Densidade | Probabilidade $r_{g_{a_x a_x}} > 0$ (%) |
|-------------------|----------------|----------|----------------------------|--------------------------|---|
| $h_1^2$           | -              | 0,99     | 0,99 – 0,99                | 0,99 -0,99               | -                                       |
| $h_2^2$           | -              | 0,90     | 0,81 – 0,96                | 0,83 – 0,97              | -                                       |
| $h_3^2$           | -              | 0,58     | 0,34 – 0,84                | 0,35 – 0,84              | -                                       |
| $r_{g_{a_1 a_2}}$ | 0,12           | 0,12     | -0,07 – 0,32               | -0,08 – 0,30             | 84,80                                   |
| $r_{g_{a_1 a_3}}$ | 0,46           | 0,42     | 0,10 – 0,71                | 0,10 – 0,72              | -                                       |
| $r_{g_{a_2 a_3}}$ | -0,02          | -0,06 nc | -0,46 – 0,33               | -0,48 – 0,30             | 40,30                                   |
| $r_{g_{y_1 y_2}}$ | 0,11           | 0,11     | -0,07 – 0,29               | -0,07 – 0,29             | 82,80                                   |
| $r_{g_{y_1 y_3}}$ | 0,35           | 0,32     | 0,07 – 0,55                | 0,07 – 0,56              | -                                       |
| $r_{g_{y_2 y_3}}$ | 0,0004         | 0,007 nc | -0,24 – 0,30               | -0,28 – 0,25             | 50,60                                   |

\* os índices 1, 2 e 3 representam o peso (PE), volume da vesícula seminal (VV) e peso da vesícula seminal (PVS), respectivamente; <sup>1</sup>nc (não convergência)

As estimativas de herdabilidade para todas as características na análise tricarater foram de média a alta magnitude. Considerando os valores de herdabilidade nas análises tricarater, houve um incremento nas estimativas para peso à emergência (0,99), peso da glândula de muco (0,83), área da glândula de muco (0,83), área da vesícula seminal (0,84) e volume da glândula de muco (0,95), já para as características de peso da vesícula seminal e volume da vesícula seminal houve um decréscimo nas estimativas (0,58), para vesícula seminal, (0,61 a 0,90) para as estimativas de volume da vesícula seminal com as outras características, quando comparados as estimativas obtidas em análise unicarater. A superioridade dos coeficientes encontrados nas análises tricarater, podem ser devido ao tamanho do banco de dados utilizados.

Todas as estimativas de correlações genéticas foram de baixa a média magnitude, exceto para volume da vesícula seminal com peso da vesícula seminal (-0,06), indicando que não existe correlação genética entre estas características à emergência e que as mesmas são antagônicas até certo ponto. Porém, analisando volume da vesícula seminal com volume da glândula de muco (0,48), peso à emergência com peso da vesícula seminal (0,42) as correlações genéticas foram de magnitude média, indicando que se selecionar para uma das características afeta-se indiretamente a outra, tais estimativas podem ser explicadas devido a ambas serem medidas de massa e volume.

As estimativas para as correlações fenotípicas foram positivas de baixa a média magnitude para todas as características, indicando que fenotipicamente as características citadas anteriormente possuem relação.

Em algumas estimativas de correlações genéticas a moda foi superior à média. Para volume da vesícula seminal com área da glândula de muco (0,03 e 0,17), área da vesícula seminal (0,07 e 0,29), e peso da glândula de muco (0,02 e 0,13) média e moda respectivamente. Tais estimativas são devidos a grande intervalo de credibilidade entre as estimativas, o que indica grande variação dos dados analisados, está variação afeta diretamente as estimativas de média e moda.

## 6. CONCLUSÃO

Quando analisadas separadamente as características podem ser utilizadas como critério de seleção em programas de melhoramento genético. Já quando analisadas em conjunto tal premissa não é válida uma vez que algumas características apresentaram correlações genéticas de baixa magnitude. O peso à emergência destaca-se como melhor característica a ser adotada como critério de seleção entre as características analisadas neste estudo, pois pode ser utilizada na seleção indireta e obter-se ganhos em características reprodutivas que necessitam a morte do animal para a mensuração, das características reprodutivas.

Para que um critério de seleção em zangões *Apis mellifera* seja estabelecido com sucesso mais estudos de ordem genética devem ser feitos a fim de encontrar qual a melhor característica a ser trabalhada.

## 7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Estudo das mesmas características à maturidade;
- Estudar o volume, motilidade e concentração espermática;
- Implementação do uso de inseminação instrumental.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERG, S.; KOENIGER, N.; KOENIGER, G.; FUCHS, S. Body size and reproductive success of drones (*Apis mellifera* L). **Apidologie**, v. 28, p.449-460, 1997.

BIENEFELD, Kaspar; EHRHARDT, Klaus; REINHARDT, Friedrich. Genetic evaluation in the honey bee considering queen and worker effects - a BLUP- animal model approach. **Apidologie**, v. 38, p. 77-85, 2007.

Campos, M. V. **Alterações morfológicas dos testículos e vesículas seminais da abelha *Plebeia lucii* (HYMENOPTERA : APOIDEA: MELIPONINI), durante a maturação sexual**. 2008. 32 f. Dissertação – Programa de Pós graduação em Biologia Celular e estrutural, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2008.

COBEY, S.W. Comparison studies of instrumental inseminated and naturally mated honey bee queens and factors affecting their performance. **Apidologie**, v.38, p.390-410, 2007.

COSTA, Fabiana M. **Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para peso e medidas morfométricas em rainhas *Apis mellifera* africanizadas**. 2005. 39 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005.

COSTA-MAIA, Fabiana M.; LINO, Daniela A. Melhoramento genético em abelhas *Apis mellifera* africanizadas: algumas questões decisivas. In: Prof. Dr. Thomas Newton Martin; Prof. M. Sc. Magnos Fernando Ziech; Prof. Dr. Paulo Sergio Pavinato; Prof. Dr. Alessandro Jaquiel Waclawovsky; Profa. Dra. Maria Madalena Santos Silva Sklarski (Org.). **Sistemas de produção agropecuária**. Curitiba: UTFPR, 2009. Cap 22. p. 434-449.

COSTA-MAIA, F.M.; TOLEDO, V.A.A.; MARTINS, E.N.; LINO-LOURENÇO, D.A.; SEREIA, M.J.; OLIVEIRA, C.A.L.; FAQUINELLO, P.; HALAK, A.L. 2011. Estimates of covariance components for hygienic behavior in Africanized honeybees (*Apis mellifera*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40. p.1909 - 1916.

COSTA, Fabiana M. **Estudo de parâmetros genéticos para ovariolos e espermateca de rainhas *Apis mellifera* africanizadas selecionadas para peso à emergência**. 2013.31f. Projeto de pesquisa – Conselho Nacional de Pesquisa Científica (CNPQ). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2013.

Cristino, A. dos S. **Aspectos reprodutivos envolvidos no processo de africanização das abelhas *Apis mellifera* no Brasil.** Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2003.

Cruz-Landim, C. **Biologia do desenvolvimento em abelhas.** Departamento Biologia, Instituto de Biociências, UNESP/Rio Claro, 2004.

Cruz-Landim, C. **Morfologia e função de sistemas.** Editora UNESP. São Paulo, 2008.

DADE, H, A. **Anatomy and dissection of the honeybee.** Oxford, 1994.

DIONELLO, N. J. L.; CORREA, G. S. S.; SILVA, M. A. et al. Estimativas da trajetória genética do crescimento de codornas de corte utilizando modelos de regressão aleatória. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.2, p.454-460, 2008.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa.** Viçosa: UFV, 1987. 279p.

FAQUINELLO, Patrícia. **Avaliação genética em abelhas *Apis mellifera* africanizadas para produção de geleia real.** 2007. 54 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – UEM, Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

FAQUINELLO, Patricia et al. Parameters for Royal Jelly Production in Africanized Honeybees. **Sociobiology**, v. 57, n. 3, p.495-509, 2011.

GARCIA, R.C.; OLIVEIRA, N.T.E.; CAMARGO, S.C.; PIRES, B.G.; OLIVEIRA, C. A.L., TEIXEIRA, R.A.; PICKLER, M.A. Honey and propolis production, hygiene and defense behaviors of two generations of Africanized honey bees. **Scientia Agricola**, v.70, n.2, p.74-81, 2013.

Gillot, C. Male accessory gland secretions: Modulators off emale reproductive physiology and behavior. *Annu. Rev. Entomol.* New York, 2003.

HALAK, André L. **Parâmetros e correlações genéticas e fenotípicas para peso e medidas morfométricas em rainhas *Apis mellifera* africanizadas.** 2012. 46 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.



IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção de origem animal- quantidade produzida**. Disponível em: <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=PPM2&sv=59&t=producao-de-origem-animal-quantidade-produzida>>. Acesso em: 12 Set. 2014.

Klein, S. O. T.; Bitondi, M. M. G.; Rubsam, R.; Engels, W.; Simões, Z. L. P. **Morfogênese da gônada de zangões em *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758), durante o desenvolvimento pré e imaginal após tratamento tópico com hormônio juvenil (HJ)**. Cruz das Almas, 2012.

KLUG, William S.; CUMMINGS, Michael R.; SPENCER, Charlotte A.; PALLADINO, Michael A. **Conceitos de Genética**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

MARTINS, Jackeliny R M. **Aspectos genéticos de características morfométricas e reprodutivas de rainhas *Apis mellifera* l. (Hymenoptera: Apidae) africanizadas**. 2014.89 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2014.

MARTINEZ, Omar A.; SOARES, Ademilson E. E. Melhoramento genético na apicultura comercial para produção da própolis. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n. 4, p. 982-990, 2012.

PADILHA, A.H., SATTLER, A., COBUCCI, J.A.; MCMANUS, C.M. Genetic parameters for five traits in Africanized honeybees using Bayesian inference. **Genetics and Molecular Biology**, ISSN 1415-4757, 2013.

PEREIRA, Jonas C.C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2012. 758p.

RINDERER, Thomas E.; COLLINS, Anita M.; BROWN, M.A. Heritabilities and correlations of the honey bee: response to *Nosema Apis*, longevity and alarm response to Isopentyl Acetate. **Apidologie**, v.14, p.79-85, 1983.

SEBRAE. Estatística de exportação.2013.Disponível em:<<http://www.sebrae.com.br/setor/apicultura> > Acesso em:10 nov. 2014.

SILVEIRA, Gustavo D. **Estimativas de parâmetros genéticos visando seleção de genótipos segregantes de soja**. 2007. 56 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Doutorado em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Jaboticabal, 2007.

SOUZA, D.A.; FRANCOY, T.M.; GONÇALVES, L.S. Honey bee queen's ovarioles number in two weight's group. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 10. 2012. Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: FUNPEC Editora, 2012. p.201.

SOUZA, Mardiori. **Produção de rainhas africanizadas de *Apis mellifera* como subsídio para programas de melhoramento genético**. 2011. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Programa de Graduação em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2011.

SCHLUNS, Helge.; SCHLUNS, Ellen A.; PRAAGH, Job van.; MORITZ, Robin F.A. Sperm numbers in drone honeybees (*Apis mellifera*) depend on body size. **Apidologie**, v.34, p. 577–584, 2003.

VAN TASSEL, C.P.; VAN VLECK, L.D. **A manual for use of MTGSAM. A set of fortran programs to apply Gibbs sampling to animal models for variance component estimation**. (DRAFT) Lincon: Department of Agriculture / Agricultural Research Service, 1995.

WIELEWSKI, P.; TOLEDO, V.A.A.; MARTINS, E.N.; COSTA-MAIA, F.M.; FAQUINELLO, P.; LINO-LOURENÇO, D.A.; RÚVOLO-TAKASUSUKI, M.C.C.; OLIVEIRA, C.A.L.; SEREIA, M.J. . Relationship between hygienic behavior and *Varroa destructor* mites in colonies producing honey or royal jelly. **Sociobiology**, v. 59, p. 251-274, 2012.