

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

AVALIAÇÃO GENÉTICA EM ABELHAS *Apis mellifera*
AFRICANIZADAS PARA PRODUÇÃO DE GELÉIA REAL

Autora: Patrícia Faquinello
Orientador: Prof. Dr. Vagner de Alencar Arnaut de Toledo
Co-Orientador: Prof. Dr. Elias Nunes Martins

“Dissertação apresentada, como parte das exigências para a obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de Concentração Produção Animal”

MARINGÁ
Estado do Paraná
junho – 2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

AVALIAÇÃO GENÉTICA EM ABELHAS *Apis mellifera*
AFRICANIZADAS PARA PRODUÇÃO DE GELÉIA REAL

Autora: Patrícia Faquinello
Orientador: Prof. Dr. Vagner de Alencar Arnaut de Toledo
Co-Orientador: Prof. Dr. Elias Nunes Martins

“Dissertação apresentada, como parte das exigências para a obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de Concentração Produção Animal”

MARINGÁ
Estado do Paraná
junho – 2007

*"Em qualquer agitação exterior,
mantém a serenidade necessária para que não destruas
a formação do auxílio que já estará na direção do teu próprio endereço."*

Emmanuel

Deus

Aos

Meus pais **Carlos Simão Botega Faquinello** e **Noemília Faquinello**, exemplos de amor, dedicação, luta e apoio em todos os momentos

Aos

Meus avós maternos **Cosme Marchewicz** e **Leonora Iankoski Marchewicz** por todo amor e preocupação

DEDICO...

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Maringá e a Fazenda Experimental de Iguatemi, que forneceram estrutura física e pessoal para que este trabalho fosse realizado.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, por todos os ensinamentos passados.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo concedida durante o curso de mestrado.

Ao **Prof. Dr. Vagner de Alencar Arnaut de Toledo**, pela orientação e ensinamentos proferidos durante o curso, mas, principalmente, por ter acreditado e me ofertado a oportunidade de iniciar o estudo e o trabalho com as abelhas.

Ao **Prof. Dr. Elias Nunes Martins**, pela orientação e por ser um grande incentivador desde o princípio no trabalho de melhoramento com abelhas.

Ao funcionário da FEI-UEM, **Roberto Alvarez**, pela amizade, motivação e auxílio fundamental na realização do trabalho a campo.

À **Fabiana Martins Costa Maia**, grande amiga, quem me incentivou através do seu exemplo de dedicação e esforço, além de ter me ofertado os primeiros ensinamentos no trabalho a campo com as rainhas em especial.

Ao pessoal do grupo de Melhoramento, **Ana Paula Silva Ton, Freddy Mora Poblete, Alexandra Inês dos Santos, Carlos Antonio de Oliveira (Carlão), Carol**

Conti, Priscila Cristina Georg, Emília de Paiva e em especial **Alexandre Leseur dos Santos** que ofertou auxílio fundamental nas análises do trabalho.

Ao pessoal do Grupo de Pesquisa com Abelhas – UEM, **Edmar Alves dos Santos** por todo apoio durante a coleta de dados, **Thatiane Vicente Baitala** e **Maria Josiane Sereia** pelo apoio prestado, **Wainer César Chiari, Elói Machado Alves, Tiago C. C. de Oliveira Arnaut de Toledo, Priscila Wielewski, Danielle Beatriz Corrêa, LÍlian Cristina Camilo e Márcio Leandro Barbato Moraes.**

Aos professores, **Prof^ª. Dra. Maria Cláudia Colla Ruvolo Takasusuki** e **Prof. Dr. Orlando Rus Barbosa** pelo apoio a esse trabalho.

A **Waldirene Rossi da Silva** e **Denílson dos Santos Vicentin**, secretários do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

Aos meus grandes amigos de curso: **Wallacy Barbacena Rosa dos Santos, Ossival Lolato Ribeiro, Ângela Rocio Poveda Parra, Nelson Maurício Lopera Barrero, Tiago Rodrigues Casimiro, Daniele Francine Amaral, Fábio Mourinho e Daniela Baba** pela amizade, pelas barreiras que vencemos e pelo apoio nas horas difíceis.

As minhas amigas e irmãs **Meiby Carneiro de Paula, Sara Viviane Macedo, Roberta Ariboni Brandi** e **Liliane Piano** pelos momentos inesquecíveis que passamos juntas em nossa república.

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

BIOGRAFIA

PATRÍCIA FAQUINELLO, filha de Carlos Simão Botega Faquinello e Noemília Faquinello, nasceu em Cascavel, Estado do Paraná, no dia 03 de julho de 1980.

Em julho de 2003, concluiu o curso de Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá e, iniciou em fevereiro de 2005 o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de mestrado, área de concentração Produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá, realizando estudos em Apicultura.

No dia 11 de junho de 2007, submeteu-se à banca examinadora para defesa da Dissertação de Mestrado.

ÍNDICE

	Páginas
LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
I - INTRODUÇÃO GERAL.....	01
II - LITERATURA CITADA.....	07
III - OBJETIVOS GERAIS.....	12
IV - ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE PRODUÇÃO DE GELÉIA REAL EM ABELHAS <i>Apis mellifera</i> AFRICANIZADAS.....	13
Resumo.....	13
Abstract.....	14
Introdução.....	15
Material e Métodos.....	16
Resultados e Discussão.....	21
Conclusão.....	28
Literatura Citada.....	29
V – ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS PARA CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS E DE PRODUÇÃO DE GELÉIA REAL EM ABELHAS <i>Apis mellifera</i> AFRICANIZADAS.....	32
Resumo.....	32
Abstract.....	33
Introdução.....	34
Material e Métodos.....	35
Resultados e Discussão.....	39

Conclusão.....	50
Literatura Citada.....	50
VI - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54

LISTA DE TABELAS

Páginas

ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE PRODUÇÃO DE GELEIA REAL EM ABELHAS *Apis mellifera* AFRICANIZADAS

Tabela 1 -	Estimativas de variância genética aditiva (σ^2_a), permanente de ambiente (σ^2_p), residual (σ^2_e) e de herdabilidade (h^2) em análise unicaracter e seus respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para abelhas <i>Apis mellifera</i> africanizadas.....	22
Tabela 2 -	Componentes de (co)variância genética aditiva em análise bicaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para abelhas <i>Apis mellifera</i> africanizadas.....	23
Tabela 3 -	Componentes de (co)variância permanente de ambiente em análise bicaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para abelhas <i>Apis mellifera</i> africanizadas.....	23
Tabela 4 -	Componentes de (co)variância fenotípica em análise bicaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para abelhas <i>Apis mellifera</i> africanizadas.....	24
Tabela 5 -	Componentes de (co)variância residual em análise bicaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para abelhas <i>Apis mellifera</i> africanizadas.....	24
Tabela 6 -	Estimativas de herdabilidade (diagonal), correlação genética (abaixo da diagonal) e de correlação fenotípica (acima da diagonal) em análise bicaracter e seus respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para abelhas <i>Apis mellifera</i> africanizadas.....	25
Tabela 7 -	Componentes de (co)variância genética aditiva em análise tetracaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para abelhas <i>Apis mellifera</i> africanizadas.....	26
Tabela 8 -	Componentes de (co)variância permanente de ambiente em análise tetracaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para abelhas <i>Apis mellifera</i> africanizadas.....	26
Tabela 9 -	Componentes de (co)variância fenotípica em análise tetracaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para abelhas <i>Apis mellifera</i> africanizadas.....	27

Tabela 10-	Componentes de (co)variância residual em análise tetracaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para abelhas <i>Apis mellifera</i> africanizadas.....	27
Tabela 11-	Estimativas de herdabilidade (diagonal), correlação genética (abaixo da diagonal) e de correlação fenotípica (acima da diagonal) em análise tetracaracter e seus respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para abelhas <i>Apis mellifera</i> africanizadas.....	28

ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS PARA CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS E DE PRODUÇÃO DE GELÉIA REAL EM ABELHAS *Apis mellifera* AFRICANIZADAS

Tabela 1 -	Estimativas de variância genética aditiva (σ^2_a), fenotípica (σ^2_p), residual (σ^2_e) e de herdabilidade (h^2) em análise unicaracter e seus respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para rainhas <i>Apis mellifera</i> africanizadas.....	40
Tabela 2 -	Componentes de (co)variância genética aditiva em análise bicaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para rainhas <i>Apis mellifera</i> africanizadas.....	42
Tabela 3 -	Componentes de (co)variância fenotípica em análise bicaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para rainhas <i>Apis mellifera</i> africanizadas.....	43
Tabela 4 -	Componentes de (co)variância residual em análise bicaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para rainhas <i>Apis mellifera</i> africanizadas.....	44
Tabela 5 -	Estimativas de herdabilidade (diagonal), correlação genética (abaixo da diagonal) e de correlação fenotípica (acima da diagonal) em análise bicaracter e seus respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para rainhas <i>Apis mellifera</i> africanizadas.....	45
Tabela 6 -	Componentes de (co)variância genética aditiva em análise hexacaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para rainhas <i>Apis mellifera</i> africanizadas.....	47
Tabela 7 -	Componentes de (co)variância fenotípica em análise hexacaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para rainhas <i>Apis mellifera</i> africanizadas.....	48
Tabela 8 -	Componentes de (co)variância residual em análise hexacaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para <i>Apis mellifera</i> africanizadas.....	49
Tabela 9 -	Estimativas de herdabilidade (diagonal), correlação genética (abaixo da diagonal) e de correlação fenotípica (acima da diagonal) em análise hexacaracter e seus respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para rainhas <i>Apis mellifera</i> africanizadas.....	50

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estimar parâmetros para subsidiar programas de melhoramento genético em abelhas africanizadas com potencial para a produção de geléia real. Foram utilizadas 15 rainhas matrizes que forneceram larvas para produção de rainhas filhas. Após a emersão, as rainhas foram anestesiadas e mensuradas para peso vivo (mg), comprimento e largura da asa e abdome (cm). Foram selecionadas por peso e introduzidas em colônias mini-recrias, nas quais a produção foi avaliada. As características de produção analisadas foram: porcentagem de aceitação (%), produção de geléia real por mini-recria (g) e por cúpula (mg) e consumo de suplemento do pólen (g). Os dados foram submetidos à análise unicaracter e multicaracter utilizando a inferência bayesiana. As médias das rainhas selecionadas foram: 209,34 mg para peso, 1,00 e 0,37 cm para comprimento e largura da asa, 1,10 e 0,46 cm para comprimento e largura do abdome, respectivamente. As estimativas de herdabilidade para as características morfométricas e de produção, em análise bicaracter, foram de 0,49 para geléia real por mini-recria, 0,65 para peso, 0,55 e 0,55 para comprimento e largura da asa, 0,59 e 0,57 para comprimento e largura do abdome, respectivamente. As estimativas de herdabilidades para as características de produção, em análise bicaracter, foram baixas a altas variando de 0,10 a 0,55. Os valores de correlação genética, de forma geral, foram superiores aos valores de correlação fenotípica. Os resultados indicam que a seleção com base na largura do abdome promove maiores ganhos genéticos. Ao avaliar três situações pela eficiência de seleção, em comparação à seleção para produção de geléia real, concluiu-se que a seleção com base na produção de geléia real por mini-recria é a mais recomendada.

Palavras-chave: abelha africanizada, variabilidade genética, melhoramento de abelhas, inferência bayesiana, parâmetros genéticos

ABSTRACT

This research was carried out to estimate parameters to establish breeding programs in Africanized honey bees for royal jelly production. It was used 15 mother queens that supplied larvae for rearing their daughters. After emergence the queens were anesthetized and made measures for body weight (mg) length and width of the wing and abdomen (cm). The queens were selected for body weight and introduced in honeybee hives where their production was measured. The analyzed production traits were: acceptance percentage (%), royal jelly production per colony (g), royal jelly production per cup (mg) and pollen supplement intake (g). The data were submitted to univariate and multivariate analysis using the Bayesian inference. The average obtained for selected queens were 209.34 mg for queen weight, 1.00 and 0.37 cm for wing length and width, 1.10 and 0.46 cm for abdomen length and width, respectively. The heritability estimates, in bivariate analysis, for production and morphometric traits were 0.49 for royal jelly production per colony, 0.65 for body weight, 0.55 and 0.55 for wing length and width, 0.59 and 0.57 for abdomen length and width, respectively. The heritability estimate for production traits, in bivariate analysis, were from low to high ranging from 0.10 to 0.55. The genetic correlation data, in a general way, was higher to phenotypic data. In conclusion, the selection for abdomen width trait can produce better genetic earnings. Evaluating three situations through selection efficiency, in comparison to selection for royal jelly production per colony, the selection of royal jelly production per colony is recommended.

Key Words: Africanized honeybee, genetic variability, bee breeding, Bayesian inference, genetic parameters

1. INTRODUÇÃO GERAL

Em 1956 o pesquisador Dr. Warwick Estevan Kerr introduziu a abelha africana *Apis mellifera scutellata* no Brasil com intuito de melhorar a apicultura nacional. O inter cruzamento dessa espécie com as várias subespécies européias existentes (*A. m. ligustica*, *A. m. mellifera*, *A. m. carnica* e *A. m. caucasica*) originou um polihíbrido denominado de abelha africanizada, com predominância das características das abelhas africanas (Gonçalves, 2000).

No Brasil as abelhas africanas encontraram condições ambientais semelhantes as do seu local de origem, que somado sua tendência enxameatória, em menos de 50 anos de introdução já haviam disseminado por toda a América do Sul, Central e Norte (De Jong, 1996; Gramacho & Gonçalves, 2002; Kaplan, 2007).

A abelha africanizada é apontada como um exemplo de abelha dotada de importantes características como rápido desenvolvimento e adaptação, prolificidade, rusticidade, alta capacidade de produção de mel e própolis, maior capacidade de identificação de fonte de alimento, eficientes polinizadoras e resistência a doenças (Benson, 1985; Nogueira-Couto, 1994a; Gonçalves, 2006).

Embora altamente produtiva, a abelha africanizada no início de sua dispersão causou um impacto muito grande devido a sua defensividade, comportamento de pilhagem exacerbado e tendência a enxameação. Os apicultores não tinham idéia de como manejá-las, como consequência, muitos acabaram abandonando a atividade. Novos estudos sobre a biologia, comportamento e melhoramento foram necessários; a apicultura nacional passou por mudanças radicais e o apicultor foi se adaptando a essas novas abelhas (Gonçalves, 1992; 2006; De Jong, 1996; Soares et al., 1996).

A partir de então, a apicultura no Brasil tem se destacado como uma atividade em ampla expansão, sendo a atividade do agronegócio de maior desenvolvimento,

permitindo que o nosso país seja conhecido como exportador e produtor de mel orgânico, própolis e geléia real. Assim, atividades especializadas como a produção de geléia real, ao longo dos anos, têm alcançado grande interesse comercial (Queiroz et al., 2001; Gonçalves, 2004; 2006).

Em todo o mundo, dentre os produtos das abelhas, a geléia real está relacionada com longevidade, vida saudável e cura de muitas doenças, sendo utilizada como alimento ou cosmético por mais de 30 anos (Brown, 1989; Chen & Chen, 1995; Muradian, 2002; Münsted & Georgi, 2003). Muitos estudos têm sido realizados, não só em função do seu papel na alimentação das abelhas, mas também por várias propriedades nutritivas, terapêuticas e farmacológicas apresentadas sobre os animais superiores (Garcia et al., 1989).

Os estudos terapêuticos têm mostrado atuação da geléia real na resistência e estimulante do organismo como, antioxidante, bactericida, antifúngico, inibidor de células cancerígenas, arteriosclerose, diminui o colesterol, tratamentos de pele e anemia, ativação das funções cerebrais e regeneração dos tecidos. Também age como um vitalizador dos órgãos em geral, combate o cansaço físico e mental, melhora o desempenho sexual, fertilidade, entre outros (Muradian, 2002; Münsted & Georgi, 2003).

Na colônia a geléia real não é estocada pelas operárias. Sua produção está relacionada na alimentação das larvas de operárias, nos três primeiros dias de vida larval, para a rainha durante toda a vida larval e adulta e na alimentação da larva de zangão durante seu estado de vida larval (Wang, 1965; Haydak, 1970; Nogueira-Couto, 1994b).

A geléia real é composta a partir da mistura de secreções das glândulas hipofaríngeas e mandibulares, localizadas na cabeça das abelhas operárias de *Apis mellifera*. Sua secreção é promovida pela ingestão do pólen com adição de soluções regurgitadas do papo das operárias nutrizas, entre o 5-15º dia de vida, contendo principalmente açúcares (Haydak, 1970; Rembold et al., 1974b; Knecht & Kaatz, 1990; Chen & Chen, 1995; Albert et al., 1999; Nogueira-Couto & Couto, 2006). É durante esta fase que essas glândulas possuem completo desenvolvimento e secretam proteínas essenciais que fazem parte da alimentação de todas as crias e a rainha (Rembold et al., 1974b; Takenaka & Kaatz, 1987; Hrasnigg & Crailsheim, 1988; Crailsheim, 1991; Schmitzová et al., 1998).

Enquanto a glândula hipofaringeana produz uma secreção de coloração clara e rica em proteínas, a secreção da glândula mandibular é branca leitosa (Haydak, 1970; Beetsma, 1979). A atividade e taxa de síntese de proteínas da glândula hipofaringeana variam de acordo com a idade e status fisiológico da operária, aumentando consideravelmente durante os quatro primeiros dias de vida adulta e com maior atividade e síntese de proteína em idade de 5–14 dias (Takenaka & Kaatz, 1987; Crailsheim & Stolberg, 1989; Knecht & Kaatz, 1990; Naiem et al., 1999). Após esse período sua atividade e volume decrescem rapidamente passando a secretar enzimas como a invertase, quando as abelhas tornam-se campeiras (Simpson et al., 1968; Hrassnigg & Crailsheim, 1998; Huang & Otis, 1989).

Os fatores internos, como cria e densidade populacional, e os externos como forrageamento influenciam o desenvolvimento da glândula hipofaringeana; e sua flexibilidade permite às abelhas uma adaptação rápida às necessidades e condições da colônia (Simpson et al., 1968; Brouwers, 1982; Silva de Moraes & Cruz-Landim, 1984; Huang et al., 1989; Huang & Otis, 1989). A transição funcional e morfológica da abelha nutriz para campeira é controlada pelo hormônio juvenil (Robinson, 1987; Rembold et al., 1974a; Huang et al., 1994, 1998).

A geléia real pode ser obtida com relativa facilidade e sua produção pode ser estendida o ano todo, sendo uma excelente opção para os apicultores nos períodos entre floradas e em regiões canavieiras onde o mel produzido possui características organolépticas com pouca aceitação comercial (Nogueira-Couto, 1991; Garcia et al., 2000; Queiroz et al., 2001).

A China, desde 1980, trabalha na seleção de linhagens de colônias de abelhas *Apis mellifera* produtoras de geléia real, assim obtiveram um aumento na produção anual de 2 kg, em 1980, para 10 kg, em 2003. Para tanto, utilizaram-se de técnicas de substituição da rainha, melhoradas de geração a geração por acasalamento isolado, inseminação instrumental e biologia molecular. Hoje a China vem se destacando como maior produtor mundial e produção média de 8 kg por colônia/ano ou 300 g a cada três dias de coleta (Jianke et al., 2003; Jianke & Aiping, 2005).

No Brasil quando se analisa a produção nacional, os produtores apresentam níveis variados de tecnologia e experiência prática, obtendo-se assim diferentes rendimentos produtivos (Levy et al., 1993). Alguns trabalhos indicam uma grande variação na produção de geléia real para abelhas *Apis mellifera* africanizadas de 188 a 234

mg/cúpula ou 1,68 a 3,96 mg/coleta (Toledo, 1997; Queiroz et al., 2001; Mouro & Toledo, 2004; Garcia & Nogueira-Couto, 2005; Toledo & Mouro, 2005).

As colônias variam muito devido aos fatores genéticos, por causa da falta de seleção adequada, e aos fatores ambientais como a redução do pasto apícola em função de desmatamento indiscriminado, expansões de áreas de monoculturas, deficiências no manejo e, sobretudo pela manutenção de enxames improdutivos (Soares et al., 1996). A produção de geléia real envolve interações biológicas e comportamentais intrínsecas às abelhas, e sua variabilidade possui importantes componentes genéticos, ambientais internos e externos às colônias (Azevedo, 1996; Jianke et al., 2003; Xianmin et al. 2003; Garcia & Nogueira-Couto, 2005).

O melhoramento visa selecionar características que sejam importantes para o apicultor, necessariamente passa pela produção de rainhas, e o uso dessa técnica está relacionado com o grau de profissionalização da atividade apícola (Cunha, 2002).

A rainha é a peça chave no melhoramento, é a única fêmea fértil, responsável por toda postura, e por meio de suas qualidades herdáveis estão intimamente relacionadas com as atividades da colônia. Por ser mãe de todos os indivíduos da colônia, é responsável por metade do material genético herdado por suas filhas operárias, e por todo material genético herdado por seus filhos zangões, uma vez que estes últimos são haplóides (oriundos de óvulos não fecundados) (Rinderer, 1986). Da excelência da rainha, depende parte das características expressadas pela produção da colônia, pelo relacionamento que existe entre ela e suas operárias, por feromônios de rainha e por meio da comunicação genética do grupo (Kerr, 1972).

Assim, para o apicultor interessa ter todas as suas colônias encabeçadas por rainhas jovens e com características desejadas para que possam transmiti-las para sua prole, como longevidade, capacidade de postura de 2.000 a 3.000 ovos por dia, cria homogênea e resistência a doenças (Alber, 1965; Cobey, 2003; Jianke et al., 2005). Todas essas características da rainha são de fundamental importância para manter o potencial de produção da colônia, e está presente na exploração intensiva de mel, polinização, própolis e geléia real, como seleção de linhagens apropriadas (Seabra-Filho, 1996; Soares et al., 1996; Cunha, 2002).

Em climas tropicais a rainha pode botar ovos o ano inteiro, seu desgaste é alto e precisa ser trocada por uma nova ao final do período produtivo. Rainhas velhas e de baixa qualidade genética refletem na produtividade média do apiário, com colônias improdutivas, apresentando mais trabalho para corrigir as deficiências, onerando custos

de produção e contribuindo para elevação do preço final dos seus produtos (De Jong, 1996; Soares et al., 1996; Pegoraro et al., 1997).

Mais de 90% dos apicultores não substituíam suas rainhas, por ser uma prática pouco estabelecida, desconhecimento das vantagens e baixo nível de tecnificação (De Jong, 1996; Soares et al., 1996). Dez anos se passaram e esta situação mudou pouco.

O melhoramento genético em qualquer organismo visa por meio de seleção de características de importância econômica, a obtenção de linhagens que produzam acima da média da geração a partir da qual a seleção foi feita (Rinderer, 1986).

Segundo Kerr (1994), com a substituição das piores rainhas por filhas das 25% melhores é possível aumentar a produtividade em 20%. Quando a substituição se atrela ao melhoramento genético, o aumento de produtividade pode ser mais de 50% na produção de mel (Duay, 1996; Soares et al., 1996). Vantoor & Littlejohn (1994) citam que pode se obter um aumento de 21% a 25% na produção de mel pela substituição da rainha velha e adoção das técnicas de manejo para produção de geléia real.

Uma investigação realizada em 110 apiários na China mostrou que a produção de geléia real aumentou na média de 77,6% por colônia pela introdução de rainhas altamente produtoras de geléia real comparado com um grupo controle (Jianke & Aiping, 2005). Assim, boas rainhas são necessárias para o aumento na produção de geléia real (Jianke et al., 2003).

Duay (1996) substituiu rainhas africanizadas por outras não selecionadas e selecionadas, obteve produções de 21,43 e 46,90%, respectivamente. Um ganho de 20% na substituição da rainha, sendo este ganho dobrado ao utilizar rainhas selecionadas.

Toledo & Mouro (2005) trabalhando com rainhas *Apis mellifera* africanizadas, observaram que a produção de geléia real por colônia passou de 1,07 e 2,23 g da primeira para segunda geração, respectivamente. Um aumento na produção de 109,19% para a segunda geração, demonstrando que houve um incremento produtivo por colônia, com maior uniformidade produtiva.

Azevedo-Benitez et al. (1998) obtiveram porcentagem de aceitação superior para colônias oriundas de acasalamento entre parentais provenientes de colônias selecionadas para alta produção de geléia real, variando de 50% para o cruzamento com parentais selecionados e 16,67% para os não selecionados.

Nas abelhas, a produção de geléia real assim como, cria, mel e pólen são características do produto de trabalho combinado de diversas operárias (Collins et al., 1984; Brandeburgo et al., 1989). Sendo assim, a colônia inteira passa a ser uma unidade

da seleção, avaliando-se a utilização de rainhas melhoradas pela resposta da progênie de operárias com base na produção (Rinderer, 1977; Collins et al., 1984).

Mouro & Toledo (2004) em estudos com geléia real, obtiveram uma grande variação na produção de geléia real pelas abelhas africanizadas, o que demonstra primeiramente a necessidade de seleção das rainhas. A seleção é baseada na avaliação genética, que depende da estimação dos componentes de (co)variância e dos parâmetros genéticos para identificação dos animais geneticamente superiores.

Variâncias fenotípicas, genéticas e ambientais são parâmetros peculiares da população que se está estudando, podendo variar de população para população, de acordo com diversos fatores a que estejam submetidos (Falconer, 1987).

Costa (2005) avaliou parâmetros genéticos e fenotípicos em rainhas africanizadas, por meio de inferência bayesiana, e obteve estimativas de herdabilidade altas para características de peso, largura e comprimento de asa e abdome, indicando que existe um potencial de seleção para esse polihíbrido.

A herdabilidade é a proporção da variância total atribuída ao efeito genético, em média pelo efeito de todos os genes que afetam uma característica (Rinderer, 1986), e é importante na predição da resposta biológica de uma característica nos programas de melhoramento (Branderburgo et al., 1989)

Muitas características importantes das abelhas podem ser avaliadas através das correlações (Rinderer, 1986). O estudo das correlações é necessário, visto que, características importantes economicamente, geralmente, são correlacionadas (Falconer, 1987). Além disso, a correlação permite a medida da direção da relação entre duas características possibilitando o uso de seleção indireta que, em alguns casos, permite altos ganhos (Cruz, 2001).

Programas de seleção para geléia real na China têm como base juntamente a produção de mel, além de outras características desejáveis (Chen et al., 2002). Entretanto, estudo efetuado por Azevedo (1996) informa que a produção de mel beneficia, porém não serve como parâmetro para estimação da produção de geléia real. Ao contrário, a estocagem de pólen foi um fator importante na produção de geléia real.

Apesar da produção de geléia real ser uma característica geneticamente controlada (Jianke & Aiping, 2005) pouco se conhece sobre os fatores genéticos que controlam a sua produção (Azevedo, 1996), sendo necessária a estimação dos parâmetros genéticos e fenotípicos para estabelecimento de programas de melhoramento genético visando selecionar para esta característica.

II. LITERATURA CITADA

- ALBER, M.A. A study of queen-rearing methods. **Bee World**, v. 46, n. 1, 1965.
- ALBERT, S.; BHATTACHARYA, D.; KLAUDINY, J.; et al. The family of major royal jelly proteins and its evolution. **Journal of Molecular Evolution**, v. 49, p. 290-297, 1999.
- AZEVEDO, A.L.G. **Estudo de parâmetros relacionados com a produção de geléia real em colméias de *Apis mellifera* mais e menos produtivas**. 1996. 167 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – UNESP, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- AZEVEDO-BENITEZ, A.L.G.; PEREIRA, F.M.; NOGUEIRA-COUTO, R.H. Influência do tamanho da população sobre a produção de geléia real em colméias de *Apis mellifera* selecionadas bidirecionalmente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 12., 1998, Teresina. **Anais...** Teresina: CBA, 1998. p. 239.
- BEETSMA, J. The process of queen-worker differentiation in the honeybee. **Bee World**, v. 60, n. 1, p. 24-39, 1979.
- BENSON, K. Africanized honey bees: Their tactics of conquest. **American Bee Journal**, v. 125. n. 06, p. 435-437, 1985.
- BRANDEBURGO, M.A.M.; GONÇALVES, L.S.; LOBO, R.B. Heritability estimates of biological and behavioral traits of *Apis mellifera* bee colonies. **Ciência e Cultura**, v. 41, n. 5, p. 496-499, 1989.
- BROUWERS, E.V.M. Measurement of hypopharyngeal gland activity in the honeybee. **Journal of Apicultural Research**, v. 21, n. 4, p. 193-19, 1982.
- BROWN, R. Hive products: Pollen, propolis and royal jelly. **Bee World**, v. 70, n. 3, p. 109-117, 1989.
- CHEN, C.; CHEN, S-Y. Changes in protein components and storage stability of royal jelly under various conditions. **Food Chemistry**, v. 54, p. 195-200, 1995.
- CHEN, S.; SU, S.; LIN, X. An introduction to high-yielding royal jelly production methods in China. **Bee World**, v. 83, n. 2, p. 69-77, 2002.
- COBEY, S. The extraordinary honey bee mating and a simple field dissection of the spermatheca – Part 1. **American Bee Journal**, v. 143, n. 1, p. 67-69, 2003.

- COLLINS, A.M.; RINDERER, T.E.; HARBO, J.R.; et al. Heritabilities and correlations for several characters in the honey bee. **The Journal of Heredity**, v. 75, p. 135-140, 1984.
- COSTA, F.M. **Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para peso e medidas morfométricas em rainhas *Apis mellifera* africanizadas**. 2005. 39 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- CRAILSHEIM, K. Interadult feeding of jelly in honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 161, p. 55-60, 1991.
- CRAILSHEIM, K.; STOLBERG, E. Influence of diet, age and colony condition upon intestinal proteolytic activity and size of the hypopharyngeal glands in the honeybee (*Apis mellifera* L.). **Journal of Insect Physiology**, n. 35, p. 595-602, 1989.
- CRUZ, C.D. **Programa genes versão windows: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa:UFV, 2001.
- CUNHA, J.G.C. Melhoramento de abelhas e produção de rainhas. In: CONGRESSO NACIONAL DE APICULTURA, 14., 2002, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: CBA, 2002. p. 185-187.
- DE JONG, D. Africanized honey bees in Brazil, forty years of adaptation and success. **Bee World**, v. 77, p. 67-70, 1996.
- DUAY, P.R. A troca de abelhas rainhas e sua implicação com a produtividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 11., 1996, Teresina. **Anais...** Teresina: CBA, 1996. p. 239-241.
- FALCONER, D.S. **Introdução a genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1987. 279p.
- GARCIA, R.C.; NOGUEIRA-COUTO R.H.; MALERBO-SANTOS, D.T. Efeitos do fornecimento de farelo de trigo sobre o desenvolvimento da glândula hipofaríngea e produção de geléia real em colméias de *Apis mellifera*. **Ciência Zootécnica**, v. 4, n. 1, 1989.
- GARCIA, R.C.; MALERBO-SOUZA, D.T.; NOGUEIRA-COUTO, R.H. Cúpulas comerciais para produção de geléia real e rainhas em colméias de abelhas *Apis mellifera*. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 2, p. 367-370, 2000.
- GARCIA, R.H.C.; NOGUEIRA-COUTO, R.H. Produção de geléia real por abelhas *Apis mellifera* italianas, africanizadas e descendentes de seus cruzamentos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 27, n. 1, p. 17-22, 2005.
- GONÇALVES, L. S. Africanização das abelhas nas Américas, impactos e perspectivas de aproveitamento do material genético. **Naturalia**, p. 126-134. 1992.
- GONÇALVES, L.S. O estudo atual da apicultura brasileira e suas perspectivas face ao desenvolvimento da apicultura mundial. In: SEMINÁRIO SUL-BRASILEIRO DE APICULTORES, 2., 2000, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Seminário Sul-Brasileiro de Apicultores, 2000. p. 29-40.
- GONÇALVES, L.S. Expansão da apicultura brasileira e suas perspectivas em relação ao mercado apícola internacional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 15., 2004, Natal. **Anais...** Natal: CBA, 2004. 1 CD.

- GONÇALVES, L.S. 50 anos de abelhas africanizadas no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 16., 2006. Aracajú. **Anais...** Aracajú: CBA, 2006. 1 CD.
- GRAMACHO, K.; GONÇALVES, L.S. Melhoramento genético de abelhas com base no comportamento higiênico. In: CONGRESSO NACIONAL DE APICULTURA, 14., 2002, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: CBA, 2002. p. 188-190.
- HAYDAK, M H. Honey bee nutrition. **Annual Review of Entomology**, v. 15, p. 143-156, 1970.
- HRASSNIGG, N.; CRAILSHEIM, K. Adaptation of hypopharyngeal gland development to the brood status of honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies. **Journal of Insect Physiology**, n. 44, p. 929-939, 1998.
- HUANG, Z.Y.; OTIS, G.W. Factors determining hypopharyngeal gland activity of worker honey bees. **Insectes Sociaux**, v. 36, n. 4. p. 264-276, 1989.
- HUANG, Z.Y.; OTIS, G.W.; TEAL, P.E.A. Nature of brood signals activating the protein synthesis of hypopharyngeal gland in honey bees, *Apis mellifera* (Apidae : Hymenoptera). **Apidologie**, v. 20, p. 455-464, 1989.
- HUANG, Z.Y.; PLETTNER, E.; ROBINSON, G.E. Effects of social environment and worker mandibular glands on endocrine-mediated behavioral development in honey bees. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 783, p. 143-152, 1998.
- HUANG, Z.Y.; ROBINSON, G. E.; BORST, D.W. Physiological correlates of division of labor among similarly aged honey bees. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 174, p. 731-739, 1994.
- JIANKE, L.; SHENGLU, C.; BOXIONG, Z. et al. The optimal way of royal jelly production. **American Bee Journal**, v. 143, n. 3, p. 221-223, 2003.
- JIANKE, L.; AIPING, W. Comprehensive technology for maximizing royal jelly production. **American Bee Journal**, v. 145, n. 8, p. 661-664, 2005.
- JIANKE, L.; LAN, Z.; BOXIONG, Z.; et al. How royal jelly maintains its quality within the colony. **America Bee Journal**, v. 145, n. 9, p. 736-738, 2005.
- KAPLAN, J. K. Africanized honey bees in the news again. **Agricultural Research**, v.54, p. 4-7, 2007.
- KERR, W.E. Melhoramento em abelhas. In: CAMARGO, J.M.F. **Manual de Apicultura**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1972. Cap. 4, p. 97-115.
- KERR, W.E. Progresso na genética de insetos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 10., 1994, Pousada do Rio Quente. **Anais...** Pousada do Rio Quente: CBA, 1994. p. 264-277.
- KNECHT, D.; KAATZ, H. H. Patterns of larval food production by hypopharyngeal glands in adult worker honey bees. **Apidologie**, v. 21. p. 457-468, 1990.
- LEVY, P.S.; SILVA, R. M.B.; PARANHOS, B.A.J. et al. Influência do tempo entre a transferência das larvas e a colheita sobre a produção de geléia real de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*). **Boletim de Indústria Animal**, v. 50, n. 2, p. 113-117, 1993.

- MOURO, G.F.; TOLEDO, V.A.A. Evaluation of *Apis mellifera* Carniolan and Africanized honey bees in royal jelly production. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, n. 3. p. 469-476, 2004.
- MÜNSTED, K.; GEORGI, R.V. Royal jelly – A miraculous product from the bee hive? **American Bee Journal**, v. 143, n. 8, p. 647-650, 2003.
- MURADIAN, L.B.A. Qualidades nutritivas dos produtos das abelhas (geléia real e pólen desidratado). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 14., Campo Grande, 2002. **Anais...** Campo Grande: CBA, 2002. p. 289.
- NAIEM, E.S.; HRASSNIGG, N.; CRAILSHEIM, K. Nurse bees support the physiological development of young bees (*Apis mellifera* L.). **Journal of Comparative Physiology B**, v. 169, p. 271-279, 1999.
- NOGUEIRA-COUTO, R.H. **Produção de alimento e cria em colméias de *Apis mellifera* infestadas com *Varroa jacobsoni*, em regiões canavieiras**. 1991. 131 f. Tese (Livro Docência em Apicultura) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- NOGUEIRA-COUTO, R.H. Polinização com abelhas africanizadas. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 1., 1994. Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: UNESP, 1994a. p. 101-117.
- NOGUEIRA-COUTO, R.H. Geléia Real: Aspectos gerais de produção e resultados experimentais na região de Jaboticabal (SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 10., 1994. Pousada do Rio Quente. **Anais...** Pousada do Rio Quente: CBA, 1994b. p. 116-127.
- NOGUEIRA-COUTO, R.H.; COUTO, L.A. **Apicultura: Manejo e produtos**. 3ª edição, Jaboticabal: FUNEP, 2006. 193p.
- PEGORARO, A.; MARQUES, E.N.; CHAVES-NETO, A.; et al. Renovação de rainha *Apis mellifera scutellata* (Lepelletier, 1836) (= *Apis mellifera andansonii* Latreille, 1804). In: SIMPÓSIO PARANAENSE DE APICULTURA, 12., 1997. Guarapuava. **Anais...** Guarapuava: Simpósio Paranaense de Apicultura, 1997. p. 73-79.
- QUEIROZ, M.L.; BARBOSA, S.B.P.; AZEVEDO, M. Produção de geléia real e desenvolvimento de abelhas *Apis mellifera*, na região semi-árida de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 2, p. 449-453, 2001.
- REMBOLD, H.; CZOPPELT, C.; RAO, P.J. Effect of juvenile hormone treatment on caste differentiation in the honeybee, *Apis mellifera*. **Journal of Insect Physiology**, v. 20, p. 1193-1202, 1974a.
- REMBOLD, H.; LACKNER, B.; GEISTBECK, I. The chemical basis of honeybee, *Apis mellifera*, caste formation, partial purification of queen bee determination from royal jelly. **Journal of Insect Physiology**, v. 20, p. 307-314, 1974b.
- RINDERER, T.E. Measuring the heritability of characters of honeybees. **Journal of Apicultural Research**, v. 16, n. 1, p. 95-98, 1977.
- RINDERER, T.E. **Bee genetics and breeding**. Florida: Academic Press, 1986. 426p.
- ROBINSON, G.E. Regulation of honey bee age polyethism by juvenile hormone. **Behavior Ecological and Sociobiology**, v. 20, p. 329-338, 1987.

- SCHIMITZOVÁ, J.; KLAUDINY, J.; ALBERT, S.; et al. A family of major royal jelly proteins of the honeybee *Apis mellifera* L. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 54, p. 1020-1030, 1998.
- SEABRA-FILHO, J.R. Geléia real. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 11., 1996, Teresina. **Anais...** Teresina: CBA, 1996. p. 117-119.
- SILVA DE MORAES, R.L.M.; CRUZ-LANDIM, C. da. Influência da densidade populacional no comportamento dos núcleos das glândulas hipofaríngeas de *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). **Naturalia**, v. 9, p. 27-33, 1984.
- SIMPSON, J.; RIEDEL, I.B.M.; WILDING, N. Invertase in the hypopharyngeal glands of the honeybee. **Journal of Apicultural Research**, v. 7, n. 1, p. 29-36, 1968.
- SOARES, A.E.E.; ALMEIDA, R.; BEZERRA-LAURE, M.A. Avanços no melhoramento genético e na inseminação instrumental em *Apis mellifera*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 11., 1996, Teresina. **Anais...** Teresina: CBA, 1996. p. 59-61.
- TAKENAKA, T.; KAATZ, H.H. Protein synthesis by hypopharyngeal glands of worker honey bees. In: EDER, J.; REMBOLD, H. (eds). **Chemistry and biology of social insects**. München: Peperny, 1987. p. 166-167.
- TOLEDO, V.A.A. **Estudo comparativo de parâmetros biológicos e de produção de cera e geléia real em colônias de abelhas *Apis mellifera* africanizadas, cárnicas, italianas e seus híbridos**. 1997. 196 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- TOLEDO, V.A.A.; MOURO, G.F. Produção de geléia real com abelhas africanizadas selecionadas cárnicas e híbridas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2085-2092, 2005.
- VANTOOR, R.F.V.; LITTLEJOHN, R.P. Evaluation of hive management techniques in production of royal jelly by honey bees (*Apis mellifera*) in New Zealand. **Journal of Apicultural Research**, v. 33, p. 160-166, 1994.
- XIANMIN, L.; JUANKE, L.; CANGQIANG, C. Factors affecting royal jelly production. **American Bee Journal**, v. 143, n. 12, p. 969-972, 2003.
- WANG, D. Growth rates of young queen and worker-honeybee larvae. **Journal of Apicultural Research**, v. 4, p. 3-5, 1965.

III. OBJETIVOS GERAIS

O objetivo deste trabalho foi estimar parâmetros genéticos e fenotípicos para a produção de geléia real em abelhas *Apis mellifera* africanizadas, para subsidiar programas de melhoramento genético e permitir a avaliação de abelhas com potencial para a produção de geléia real.

Artigo I

Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para características de produção de geléia real em abelhas *Apis mellifera* africanizadas

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi estimar parâmetros genéticos e fenotípicos para produção de geléia real em abelhas *Apis mellifera* africanizadas subsidiando o estabelecimento de programas de melhoramento genético. Foram utilizadas 15 rainhas matrizes fornecedoras de larvas para produção de rainhas filhas que tiveram a produção de geléia real mensurada. As características analisadas foram: porcentagem de aceitação (%), produção de geléia real por mini-recría (g) e por cúpula (mg) e consumo de suplemento do pólen (g). Os dados foram submetidos à análise unicaracter, bicaracter e tetracaracter utilizando inferência bayesiana. Os valores dos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para cada parâmetro estimado foram amplos. As estimativas de herdabilidade, em análise bicaracter, apresentaram magnitudes de 0,10 a 0,55, apresentando o maior valor de 0,55 para a característica produção de geléia real por cúpula. Os valores de correlação genética foram superiores aos valores de correlação fenotípica, exceto para consumo de suplemento do pólen e produção de geléia real por mini-recría, que apresentaram valores de correlação genética e fenotípica de 0,42 e 0,45, respectivamente. Avaliando três situações de seleção em comparação à seleção apenas para produção de geléia real por mini-recría obteve-se ganho pela eficiência de seleção de 0,63, 0,72 e 0,79%, respectivamente. A seleção direta com base na produção de geléia real por mini-recría é recomendada.

Palavras-chave: melhoramento de abelhas, herdabilidade, correlação genética, correlação fenotípica, inferência bayesiana

Estimative of genetic and phenotypic parameters for royal jelly production traits in Africanized honeybee

ABSTRACT - This research was carried out to estimate genetic and phenotypic parameters for royal jelly production in Africanized honey bees to establishing improvement genetic breeding. It was used 15 mother queens that supplied larvae for rearing their daughter, in which the royal jelly production was evaluated. The traits analyzed were acceptance percentage (%), royal jelly production per colony (g), royal jelly production per cup (mg) and pollen supplement intake (g). The data were submitted to univariate, bivariate and multivariate analysis using bayesian inference. The variance components showed their credibility intervals values, levels at 90%, for each evaluated parameter were very wide. The heritability estimative in a bivariate analysis were from 0.10 to 0.55, having the highest value of 0.55 for royal jelly production per cup trait. The values of genetic correlation were higher than phenotypic values, except for pollen supplement intake and royal jelly production per colony that had genetic and phenotypic correlations values of 0.42 and 0.45, respectively. Evaluating three situations in comparison to selection for royal jelly production per colony, it was obtained gain through selection efficiency of 0.63, 0.72 and 0.79%, respectively. The direct selection of royal jelly production per colony is recommended.

Key Words: bee breeding, heritability, genetic correlation, phenotypic correlation, bayesian inference

Introdução

Um dos aspectos da biologia da abelha é a variabilidade genética entre rainhas de uma mesma área, vantagem utilizada por séculos no desenvolvimento da apicultura (Winston et al, 1983).

O melhoramento genético visa a obtenção de linhagens que produzam acima da média da geração da qual a seleção foi feita (Rinderer, 1986). A avaliação de uma rainha-matriz é realizada pelo desempenho produtivo de suas filhas, na qual a colônia passa a ser uma unidade de seleção (Collins, 1984).

Segundo Jianke & Aiping (2005) a produção de geléia real é uma característica geneticamente controlada e o fator mais importante é a rainha. No Brasil mais de 90% dos apicultores não substituem suas rainhas, a qualidade genética das abelhas é questionável, como consequência a produtividade é baixa (Soares et al., 1996).

Segundo Kerr (1994), com a substituição das piores rainhas por filhas das 25% melhores é possível aumentar a produtividade em 20%. Mouro & Toledo (2004) obtiveram aumento de 109,19% na produção de geléia real por colônia, da primeira para a segunda geração em abelhas africanizadas.

Existe uma grande variação na produção de geléia real em abelhas africanizadas, o que demonstra a necessidade de seleção de rainhas (Toledo & Mouro, 2005). Em um programa de seleção o primeiro passo é a avaliação genética (Rinderer, 1977), que depende da estimação dos componentes de (co)variância e dos parâmetros genéticos para identificação dos animais geneticamente superiores.

Costa (2005) avaliou parâmetros genéticos e fenotípicos em rainhas africanizadas, por meio de inferência bayesiana, e obteve estimativas altas de herdabilidade para diversas características morfométricas, indicando que existe potencial de seleção.

A herdabilidade é a proporção da variância total atribuída ao efeito genético, ou o grau de correspondência entre valor fenotípico e o valor genético (Rinderer, 1977). Sua estimação tem importância no controle do ambiente e genético (Milne-Júnior, 1985), além de ser uma ferramenta satisfatória para avaliar a importância adaptativa dada a uma característica (Kraus et al., 2005).

O objetivo deste trabalho foi estimar parâmetros genéticos, fenotípicos e componentes de (co)variância para produção de geléia real em *Apis mellifera* africanizadas, como subsídio para estabelecimento de programas de melhoramento genético em abelhas.

Material e Métodos

Ao todo 15 rainhas matrizes foram doadas por um grupo de sete apicultores interessados em participar do programa de melhoramento genético. As rainhas matrizes estavam alojadas em colméias modelo Langstroth na Fazenda Experimental de Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá (FEI/UEM), e foram utilizadas como fornecedoras de larvas para produção de rainhas filhas.

A produção das rainhas foi realizada no período de janeiro a dezembro de 2006. Foi retirado um favo de cria de cada uma das colônias matrizes, identificado de acordo com sua origem e levado ao Laboratório de Produção de Rainhas, com temperatura controlada em torno de 34°C e umidade de 50%. Este favo foi manuseado cuidadosamente e coberto com pano limpo e úmido, para que a qualidade das larvas fosse mantida até o momento da transferência.

O método adaptado utilizado para produção das rainhas foi o de Doolittle (1899), que consistiu na transferência de larvas de sua célula de origem, em um favo de crias de operária, para cúpulas artificiais de acrílico.

Foram utilizadas mini-recrias como colônias iniciadoras-terminadoras compostas por dois núcleos sobrepostos separados por uma tela excludora de rainha. No núcleo inferior eram mantidos cinco favos e no superior quatro favos mais um caixilho de transferência. O caixilho de transferência possuía dois sarrafos transversais removíveis para fixação de 28 cúpulas de acrílico, sendo 14 localizadas no sarrafo de cima e 14 no sarrafo de baixo.

No momento da transferência foi colocada em cada cúpula uma gota de geléia real diluída em água destilada (1:1) e a larva foi transferida com auxílio de um estilete metálico. Larvas de todas as matrizes foram distribuídas aleatoriamente nas 28 cúpulas, com sua genealogia identificada no sarrafo com uma caneta esferográfica. Em seguida, foi fornecida alimentação energética de 60% açúcar e 40% água.

A cada 10 dias as mini-recrias foram manejadas. O manejo consistiu na substituição de dois a três favos com cria operculada do núcleo inferior para o superior, para manter neste uma boa quantidade de nutrizes destinadas ao cuidado e alimentação das larvas transferidas, e espaço no núcleo inferior para que a rainha realizasse a postura. Esse processo se estendeu até o fim da estação.

A idade das larvas utilizadas na transferência para produção de rainhas foi de até um dia de idade, sendo a retirada das realeiras marcada para 10 dias após a transferência.

Ao décimo dia, os quadros porta-cúpulas com as realeiras foram retirados das mini-recrias e levadas ao laboratório. As realeiras foram dispostas verticalmente em frascos de vidro de 20 mL, possuindo no seu interior uma tira de papel para que a rainha pudesse se movimentar e alimento tipo cândi, uma massa a base de açúcar de confeitiro e mel. Cada vidro foi identificado de acordo com a genealogia da rainha e mini-recria. Em seguida, os vidros com as realeiras foram levados à estufa de cultura com temperatura média de 34°C e umidade de 50%.

Após a emersão, cada rainha foi anestesiada com CO₂, identificada com uma plaqueta numerada na parte superior do tórax, acondicionada em uma gaiola de rainha contendo cândi e operárias acompanhantes e levada à estufa até a sua introdução nas colônias mini-recrias.

As colônias mini-recrias estavam localizadas no Apiário Central, e foram colocadas identificações de cores e formas no alvado para evitar o *drifting* das rainhas no retorno do vôo de fecundação.

As colônias foram orfanadas 24 horas antes da introdução da nova rainha. No momento da introdução, cada favo foi inspecionado e as realeiras presentes formadas pela falta da antiga rainha foram destruídas, com aproveitamento da geléia real. A filha mais pesada de cada matriz foi introduzida na gaiola, disposta verticalmente entre os favos de cria. A rainha era libertada por volta de dois dias após o consumo do cândi pelas operárias. Caso não fosse aceita, nova rainha era introduzida até obter sucesso.

A longevidade de uma operária africanizada segundo Winston & Katz (1981) é 24,4 dias. Portanto, em 50 dias todas as abelhas presentes na colônia serão filhas da nova rainha. Após esse tempo, a colônia foi submetida à produção de geléia real.

O processo de produção de geléia real é semelhante ao de rainhas, sendo que neste caso, a criação das rainhas é interrompida 64-72 horas após a transferência e a geléia real é coletada. As larvas foram fornecidas por colônias alojadas em colméias com dez quadros. O quadro porta-cúpulas era identificado de acordo com a mini-recria, e possuía 28 cúpulas de acrílico, sendo 14 no sarrafo de cima e 14 no sarrafo de baixo.

Foi avaliada a porcentagem de aceitação, produção de geléia real por mini-recria (g) e por cúpula (mg). A geléia real coletada foi pesada em balança de precisão de 0,001

g, acondicionada em potes e congelada. Em seguida, o quadro porta-cúpulas era devolvido a mini-recria para limpeza pelas operárias e nova transferência era realizada.

Após cada transferência foi fornecida uma suplementação alimentar (energética e proteica). A alimentação energética consistiu de 60% açúcar e 40% água, acrescido de ácido tartárico, seguindo método adaptado de Lengler et al. (2000). O suplemento do pólen possuía 24% de proteína bruta, fornecida ao todo 15 g/colônia/transferência em tampas de plástico através do alvado no interior da colméia, num total de 30 g/colônia/semana. O consumo do suplemento do pólen foi avaliado pelas sobras ao coletar a geléia real.

A transferência de larvas para produção de geléia real foi realizada duas vezes por semana e se estendeu por aproximadamente um mês. Quando terminava o período de avaliação da rainha, esta era retirada para introdução de outra e para dar continuidade ao processo. O período desde a introdução da rainha até o final da avaliação de produção foi considerado um ciclo. Assim, neste trabalho foram introduzidas 35 rainhas filhas de 15 matrizes, com avaliação de rainhas F1 e F2 em três ciclos, totalizando 54 rainhas.

A coleta dos dados de produção estendeu-se de abril de 2006 a janeiro de 2007.

A estimação dos componentes de (co)variância e dos parâmetros genéticos, para todas as características analisadas, foi realizada utilizando abordagem Bayesiana, por meio do programa MTGSAM (*Multiple Trait Gibbs Sampling in Animal Models*) desenvolvido por Van Tassel & Van Vleck (1995), que procede à estimação Bayesiana por meio da técnica de amostragem de Gibbs.

Foram realizadas análises unicaracter, bicaracter e tetracaracter, utilizando um modelo animal que incluiu os efeitos fixos de rainha, pai, mãe, época e mês de coleta. Os efeitos aleatórios considerados foram os genéticos aditivos e permanente de ambiente.

Foram assumidas pressuposições de que os efeitos fixos têm distribuição plana e as matrizes de (co)variâncias distribuição de Wishart Invertida.

Para todas as análises foi utilizado o modelo animal descrito a seguir:

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

em que,

y é o vetor de observações;

X é a matriz de incidência dos efeitos fixos, contida no vetor β ;

β é vetor de efeitos fixos;

Z é a matriz de incidência dos efeitos genéticos aditivos;

W é a matriz de incidência dos efeitos permanentes de ambiente ;

a é o vetor de efeitos genéticos aditivos;

p é o vetor dos efeitos permanente de ambiente;

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

Admitiu-se que y , a , p e e apresentam distribuição conjunta normal multivariada, como segue abaixo:

$$\begin{bmatrix} y \\ a \\ p \\ e \end{bmatrix} \sim NMV \left\{ \begin{bmatrix} X\beta \\ \phi \\ \phi \\ \phi \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} ZGZ'+WPW'+R & ZG & WP & R \\ & GZ' & G & \phi & \phi \\ & & PW' & \phi & P & \phi \\ & & & R & \phi & \phi & R \end{bmatrix} \right\}$$

Na análise unicaracter, $G = A\sigma_a^2$, sendo A a matriz de parentesco entre as rainhas e σ_a^2 a variância genética aditiva da característica; $P = I\sigma_p^2$, sendo I a matriz identidade de ordem igual ao número de rainhas e σ_p^2 a variância de efeito permanente de ambiente da característica; $R = I\sigma_e^2$, sendo I a matriz identidade de ordem igual ao número de rainhas e σ_e^2 a variância residual da característica.

Na análise multicaracter, a matriz G é dada por $G_0 \otimes A$, sendo A a matriz de parentesco entre as rainhas e G_0 a matriz de (co)variância genética aditiva, como segue:

$$G_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{a1}^2 & \sigma_{a1a2} & \sigma_{a1a3} & \sigma_{a1a4} \\ \sigma_{a2a1} & \sigma_{a2}^2 & \sigma_{a2a3} & \sigma_{a2a4} \\ \sigma_{a3a1} & \sigma_{a3a2} & \sigma_{a3}^2 & \sigma_{a3a4} \\ \sigma_{a4a1} & \sigma_{a4a2} & \sigma_{a4a3} & \sigma_{a4}^2 \end{bmatrix}$$

A matriz P é dada por $P_0 \otimes I$, sendo I a matriz identidade de ordem igual ao número de rainhas e P_0 a matriz de (co)variâncias de efeito permanente de ambiente entre as características, como segue:

$$P_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{p1}^2 & \sigma_{p1p2} & \sigma_{p1p3} & \sigma_{p1p4} \\ \sigma_{p2p1} & \sigma_{p2}^2 & \sigma_{p2p3} & \sigma_{p2p4} \\ \sigma_{p3p1} & \sigma_{p3p2} & \sigma_{p3}^2 & \sigma_{p3p4} \\ \sigma_{p4p1} & \sigma_{p4p2} & \sigma_{p4p3} & \sigma_{p4}^2 \end{bmatrix}$$

A matriz R é dada por $R_0 \otimes I$, sendo I a matriz identidade de ordem igual ao número de rainhas e R_0 a matriz de (co)variâncias residuais entre as características, como segue:

$$R_0 = \begin{bmatrix} \sigma^2_{e1} & \sigma_{e1e2} & \sigma_{e1e3} & \sigma_{e1e4} \\ \sigma_{e2e1} & \sigma^2_{e2} & \sigma_{e2e3} & \sigma_{e2e4} \\ \sigma_{e3e1} & \sigma_{e3e2} & \sigma^2_{e3} & \sigma_{e3e4} \\ \sigma_{e4e1} & \sigma_{e4e2} & \sigma_{e4e3} & \sigma^2_{e4} \end{bmatrix}$$

Foram geradas cadeias de Gibbs e a monitoração da convergência das cadeias foi feita por meio da utilização dos testes de diagnóstico de Geweke e de Heidelberger e Welch, disponíveis no CODA (*Convergence Diagnosis and Output Analysis*), implementado no programa R (2004).

Para análise unicaracter foram geradas cadeias de Gibbs de 500.000 a 800.000 iterações, com descarte inicial de 300.000 iterações e intervalo de amostragem 1.000 iterações. Para a bicaracter, a cadeia de Gibbs foi de 500.000 a 5.000.000 iterações, com descarte inicial de 500.000 iterações e intervalos de amostragem a cada 1.000 iterações. Para a tetracaracter a cadeia de Gibbs consistiu de 8.000.000 de iterações, com descarte de 500.000 iterações e intervalos de amostragem a cada 3.000 iterações.

Foram construídos os intervalos de credibilidade para todos os componentes de (co)variância e parâmetros genéticos estimados, ao nível de 90%.

Foram determinados os índices de seleção, usando-se o procedimento dos ganhos genéticos desejados, segundo Hazel & Lush (1942); onde foi assumido que os parâmetros genéticos e fenotípicos não possuíam erro, e os pesos econômicos considerados iguais para as características avaliadas.

Foram consideradas quatro situações de seleção:

- 1) Seleção com base na produção de geléia real por mini-recría,
- 2) Seleção com base na porcentagem de aceitação,
- 3) Seleção com base em um índice que considera a porcentagem de aceitação e a produção de geléia real por cúpula,
- 4) Seleção com base em um índice que considera a porcentagem de aceitação, a produção de geléia real por mini-recría e por cúpula.

Foram comparadas três situações (1x2, 1x3 e 1x4) pela eficiência de seleção dada pela razão entre os ganhos genéticos na produção de geléia real por mini-recría.

Resultados e discussão

Ao todo foram realizadas 10836 transferências de larvas em 54 mini-recrias. As médias de produção para as características analisadas foram: 62,58% para porcentagem de aceitação (%Aceitação); 4,33 g para produção de geléia real por mini-recria (Grmr); 235,58 mg para produção de geléia real por cúpula (Grcup) e 2,21 g/dia para consumo do suplemento do pólen (Csp).

Os resultados de produção encontrados foram superiores aos obtidos em outros trabalhos com abelhas africanizadas, com valores variando de 35,80% a 43,40% para porcentagem de aceitação; 1,68 a 3,96 g para produção de geléia real por mini-recria e 119,93 a 234 mg de geléia real por cúpula (Toledo, 1997; Mouro & Toledo, 2004; Garcia & Nogueira-Couto, 2005; Toledo & Mouro, 2005).

Van Toor & Littlejohn (1994) encontraram produção, em *Apis mellifera*, superior de geléia real por mini-recria e por cúpula (4,70 g e 226 mg, respectivamente), porém a porcentagem de aceitação foi inferior (33,15%), comparado com este trabalho.

A utilização de mini-recrias como colônias iniciadoras-terminadoras é interessante pela facilidade de manejo, controle da defensividade das abelhas (Laidlaw & Eckert, 1962; Morse & Hooper, 1986), e principalmente, por não existir diferença de produção comparada com as recrias (Santos & Message, 1980).

As abelhas coletaram em média 2,21 g/dia de suplemento do pólen contendo 24% de proteína bruta, valor semelhante ao encontrado por Couto & Nogueira-Couto (1988) fornecendo suplemento alimentar com 20, 30 e 40% de proteína e consumo de 1,43; 2,71 e 1,66 g/dia, respectivamente.

As abelhas nutrizas necessitam de uma dieta balanceada (Haydak, 1970) e para uma boa produção de geléia real torna-se necessária a suplementação alimentar pelo fornecimento de suplementos em substituição ao pólen. O fornecimento de substitutos do pólen favoreceu o desenvolvimento interno das colônias, a aceitação de larvas transferidas (Garcia et al, 1989), e beneficiou a produção de geléia real (Crailsheim & Stolberg, 1989; Azevedo, 1996; Azevedo-Benitez, 2000), além de uma tendência a aumentar a viabilidade das crias (Couto & Nogueira-Couto, 1988). Assim seu fornecimento é interessante na produção de geléia real em escala comercial.

Houve indicação de convergência para todas as cadeias por meio da utilização dos testes de diagnóstico para as análises unicaracter, bicaracter e tetracaracter.

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados das estimativas de variância genética aditiva, permanente de ambiente, residual e herdabilidade, e seus respectivos intervalos de credibilidade, obtidas em análise unicaracter, para as características de produção avaliadas.

Tabela 1 - Estimativas de variância genética aditiva (σ_a^2), permanente de ambiente (σ_p^2), residual (σ_e^2) e de herdabilidade (h^2) em análise unicaracter e seus respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para abelhas *Apis mellifera* africanizadas

Table 1 - Estimative of additive genetic variance (σ_a^2), permanent environment (σ_p^2), residual (σ_e^2) and heritability (h^2) in analysis unicaracter and their respective credibility intervals, at 90%, of Africanized honeybees

	σ_a^2	σ_p^2	σ_e^2	h^2
% Aceitação ¹	104,40	54,21	295,15	0,23
<i>La%</i> ¹	(59,56–135,63)	(21,96–81,35)	(284,10–314,35)	(0,13–0,30)
Gmr ²	3,20	2,29	27,71	0,10
<i>Rjpc</i> ²	(2,42–3,88)	(1,59–2,85)	(26,02–28,98)	(0,07–0,12)
Grcup ³	0,10	0,66	0,01	0,56
<i>Rjcup</i> ³	(0,09–0,12)	(0,55–0,74)	(0,011–0,013)	(0,52–0,61)
Csp ⁴	4,37	2,82	7,97	0,29
<i>Psi</i> ⁴	(3,50–5,28)	(2,14–3,39)	(7,44–8,39)	(0,25–0,34)

¹Porcentagem de aceitação (% Aceitação) (%), ²Produção de geléia real por mini-recrã (Gmr) (g), ³Produção de geléia real por cúpula (Grcup) (mg) e ⁴Consumo de suplemento do pólen (Csp) (g).

¹*Larvae acceptance (La%) (%)*, ²*Royal jelly production/colony/collect (Rjpc) (g)*, ³*Royal jelly produced per cup (Rjcup) (mg)*, ⁴*Pollen supplement intake (Psi) (g)*.

As estimativas de herdabilidade obtidas em análise unicaracter, em geral, apresentaram valores de magnitude baixa a alta, de 0,10 a 0,56; indicando que o ambiente exerce considerável influência na produção de geléia real. As características Gmr e Grcup obtiveram estimativas dos componentes mais precisas, apresentando intervalos de credibilidade com amplitudes menores.

As mesmas características foram submetidas à análise bicaracter.

As estimativas para a variância genética aditiva, permanente de ambiente, fenotípica e residual, em análise bicaracter, foram positivas para todas as características de produção avaliadas (Tabelas 2, 3, 4 e 5).

As estimativas de variância genética aditiva e residual foram superiores em análise bicaracter comparada com a análise unicaracter, com exceção das características Csp e Gmr que obtiveram estimativas de variância genética aditiva e residual inferior de 3,39 e 4,37; 27,68 e 27,71, respectivamente. Da mesma forma a característica Grcup obteve estimativa de variância permanente de ambiente inferior em análise bicaracter de 1,26 e 1,08, respectivamente (Tabelas 1 e 3).

Tabela 2 - Componentes de (co)variância genética aditiva em análise bicaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para abelhas *Apis mellifera* africanizadas

Table 2 - Components of additive genetic (co)variance in analysis bicaracter and their respective credibility intervals, at 90%, for Africanized honeybees

	% Aceitação ¹ <i>La%</i> ¹	Grmr ² <i>Rjpc</i> ²	Grcup ³ <i>Rjcup</i> ³	Csp ⁴ <i>Psi</i> ⁴
% Aceitação ¹ <i>La%</i> ¹	121,68			
Grmr ² <i>Rjpc</i> ²	7,78 (3,49–11,5)	3,21		
Grcup ³ <i>Rjcup</i> ³	0,25 (0,17–0,32)	0,38 (0,16–0,58)	0,42	
Csp ⁴ <i>Psi</i> ⁴	9,51 (4,82–12,88)	1,66 (0,99–2,26)	0,34 (0,27–0,39)	3,39

¹Porcentagem de aceitação (% Aceitação) (%), ²Produção de geléia real por mini-recria (Grmr) (g), ³Produção de geléia real por cúpula (Grcup) (mg) e ⁴Consumo de suplemento do pólen (Csp) (g).

¹Larvae acceptance (*La%*) (%), ²Royal jelly production/colony/collect (*Rjpc*) (g), ³Royal jelly produced per cup (*Rjcup*) (mg), ⁴Pollen supplement intake (*Psi*) (g).

Tabela 3 - Componentes de (co)variância permanente de ambiente em análise bicaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para abelhas *Apis mellifera* africanizadas

Table 3 - Components permanent environment (co)variance in analysis bicaracter and their respective credibility intervals, at 90%, for Africanized honeybees

	% Aceitação ¹ <i>La%</i> ¹	Grmr ² <i>Rjpc</i> ²	Grcup ³ <i>Rjcup</i> ³	Csp ⁴ <i>Psi</i> ⁴
% Aceitação ¹ <i>La%</i> ¹	37,78			
Grmr ² <i>Rjpc</i> ²	1,87 (-0,26–3,22)	2,22		
Grcup ³ <i>Rjcup</i> ³	-0,05 (-0,01–0,10)	0,14 (-0,01 – 0,3)	1,26	
Csp ⁴ <i>Psi</i> ⁴	2,08 (-0,60–3,71)	0,72 (0,24–1,13)	0,10 (0,04–0,17)	2,30

¹Porcentagem de aceitação (% Aceitação) (%), ²Produção de geléia real por mini-recria (Grmr) (g), ³Produção de geléia real por cúpula (Grcup) (mg) e ⁴Consumo de suplemento do pólen (Csp) (g).

¹Larvae acceptance (*La%*) (%), ²Royal jelly production/colony/collect (*Rjpc*) (g), ³Royal jelly produced per cup (*Rjcup*) (mg), ⁴Pollen supplement intake (*Psi*) (g).

As estimativas de herdabilidade em análise bicaracter apresentaram magnitude baixa a alta de 0,10 a 0,55, valores muito próximos aos encontrados para análise unicaracter, exceto para a característica %Aceitação que obteve herdabilidade superior para análise bicaracter de 0,27 (Tabela 6). Isso demonstra que a característica %Aceitação tem uma forte influência genética e pode ser usada na seleção visando à produção de geléia real.

Resultados observados na literatura indicam coeficientes de herdabilidade de 0,66 para produção de mel em abelhas africanizadas e 0,42 para área de mel; de 0,97 para

área de pólen e 0,18 a 0,65 para comportamento higiênico (Collins et al., 1984; Harbo & Harris, 1999; Pergoraro et al., 1999; Boecking et al., 2000).

Tabela 4 - Componentes de (co)variância fenotípica em análise bicaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para abelhas *Apis mellifera* africanizadas

Table 4 - Components of phenotypic (co)variance in analysis bicaracter and their respective credibility intervals, at 90%, for Africanized honeybees

	% Aceitação ¹ <i>La%</i> ¹	Grmr ² <i>Rjpc</i> ²	Grcup ³ <i>Rjcup</i> ³	Csp ⁴ <i>Psi</i> ⁴
% Aceitação ¹ <i>La%</i> ¹	454,29			
Grmr ² <i>Rjpc</i> ²	21,22 (16,03–25,90)	33,15		
Grcup ³ <i>Rjcup</i> ³	0,26 (0,18–0,34)	1,41 (1,06–1,75)	0,76	
Csp ⁴ <i>Psi</i> ⁴	17,41 (12,60–21,41)	11,03 (9,14–13,03)	0,50 (0,39–0,58)	18,39

¹Porcentagem de aceitação (% Aceitação) (%), ²Produção de geléia real por mini-recria (Grmr) (g), ³Produção de geléia real por cúpula (Grcup) (mg) e ⁴Consumo de suplemento do pólen (Csp) (g).

¹Larvae acceptance (*La%*) (%), ²Royal jelly production/colony/collect (*Rjpc*) (g), ³Royal jelly produced per cup (*Rjcup*) (mg), ⁴Pollen supplement intake (*Psi*) (g).

Tabela 5 - Componentes de (co)variância residual em análise bicaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para abelhas *Apis mellifera* africanizadas

Table 5 - Components of residual (co)variance in analysis bicaracter and their respective credibility intervals, at 90%, for Africanized honeybees

	% Aceitação ¹ <i>La%</i> ¹	Grmr ² <i>Rjpc</i> ²	Grcup ³ <i>Rjcup</i> ³	Csp ⁴ <i>Psi</i> ⁴
% Aceitação ¹ <i>La%</i> ¹	296,15			
Grmr ² <i>Rjpc</i> ²	11,57 (7,97–14,55)	27,68		
Grcup ³ <i>Rjcup</i> ³	0,06 (0,01–0,11)	0,88 (0,68–1,07)	1,08	
Csp ⁴ <i>Psi</i> ⁴	6,27 (4,46–8,35)	8,59 (6,89–10,27)	0,05 (0,04–0,06)	9,10

¹Porcentagem de aceitação (% Aceitação) (%), ²Produção de geléia real por mini-recria (Grmr) (g), ³Produção de geléia real por cúpula (Grcup) (mg) e ⁴Consumo de suplemento do pólen (Csp) (g).

¹Larvae acceptance (*La%*) (%), ²Royal jelly production/colony/collect (*Rjpc*) (g), ³Royal jelly produced per cup (*Rjcup*) (mg), ⁴Pollen supplement intake (*Psi*) (g).

Brandeburgo et al. (1989) também obtiveram valores baixos de herdabilidade de 0,02 a 0,05 para comportamento defensivo; 0,14 para área de cria e de 0,09 para área com mel. Estes mesmos autores citam que baixas herdabilidades são relacionadas normalmente com adaptação e reprodução, havendo assim uma magnitude entre a herdabilidade e a natureza da característica.

Tabela 6 - Estimativas de herdabilidade (diagonal), correlação genética (abaixo da diagonal) e de correlação fenotípica (acima da diagonal) em análise bicaracter e seus respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para abelhas *Apis mellifera* africanizadas

Table 6 - Heritability estimative (diagonal), genetic correlation (below the diagonal) and phenotypic correlation (above the diagonal) in analysis bicaracter and their respective credibility intervals, at 90%, for Africanized honeybees

	%Aceitação ¹ <i>La%</i> ¹	Grmr ² <i>Rjpc</i> ²	Grcup ³ <i>Rjcup</i> ³	Csp ⁴ <i>Psi</i> ⁴
%Aceitação ¹ <i>La%</i> ¹	0,27	0,17	0,15	0,21
Grmr ² <i>Rjpc</i> ²	0,38 (0,23–0,55)	0,10	0,17	0,45
Grcup ³ <i>Rjcup</i> ³	0,75 (0,53–0,91)	0,21 (0,10–0,32)	0,55	0,32
Csp ⁴ <i>Psi</i> ⁴	0,40 (0,25–0,56)	0,42 (0,31–0,60)	0,77 (0,68–0,86)	0,19

¹Porcentagem de aceitação (%Aceitação) (%), ²Produção de geléia real por mini-recria (Grmr) (g), ³Produção de geléia real por cúpula (Grcup) (mg) e ⁴Consumo de suplemento do pólen (Csp) (g).

¹Larvae acceptance (*La%*) (%), ²Royal jelly production/colony/collect (*Rjpc*) (g), ³Royal jelly produced per cup (*Rjcup*) (mg), ⁴Pollen supplement intake (*Psi*) (g).

As correlações genéticas, de forma geral, foram superiores aos valores obtidos para as correlações fenotípicas.

Boecking et al. (2000) encontraram valores de 0,61 e 0,11 para correlação genética e fenotípica em comportamento higiênico, respectivamente, entre cria perfurada e taxa de remoção do ácaro *Varroa destructor* em cria artificialmente contaminada. Bienefeld & Pirchner (1991) encontraram valores de correlação genética alta de 0,75 para produção de mel e cera, negativa de -0,06 para produção de mel e defensividade, e positiva de 0,31 para produção de mel e mansidão.

Os componentes de (co)variância genética, permanente de ambiente, fenotípica e residual em análise tetracaracter estão representados nas Tabelas 7, 8, 9 e 10.

As estimativas de (co)variância genética aditiva foram positivas para análise tetracaracter (Tabela 7). A característica %Aceitação obteve resultados de variância genética aditiva superior (137,81) em análise tetracaracter do que os encontrados em análise bicaracter (121,68), ao contrário das outras características que apresentaram resultados inferiores (Tabelas 2 e 7).

As estimativas de variância permanente de ambiente foram inferiores e as estimativas de variância fenotípica superiores na análise tetracaracter (Tabelas 8 e 9) comparados a análise bicaracter (Tabelas 3 e 4), exceto para as características Csp e Grmr, respectivamente. Já as estimativas de covariância permanente de ambiente e

fenotípica foram negativas, em análise tetracaracter, entre as características Grup e %Aceitação de -0,13 e -3,36, respectivamente (Tabelas 8 e 9).

Tabela 7 - Componentes de (co)variância genética aditiva em análise tetracaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para abelhas *Apis mellifera* africanizadas

Table 7 - Components of additive genetic (co)variance in analysis tetracaracter and their respective credibility intervals, at 90%, for Africanized honeybees

	%Aceitação ¹ <i>La%</i> ¹	Grmr ² <i>Rjpc</i> ²	Grcup ³ <i>Rjcup</i> ³	Csp ⁴ <i>Psi</i> ⁴
%Aceitação ¹	137,81			
<i>La%</i> ¹	(108,14–163,64)			
Grmr ²	11,00	1,83		
<i>Rjpc</i> ²	(7,65–14,25)	(1,21–2,33)		
Grcup ³	0,48	0,34	0,13	
<i>Rjcup</i> ³	(-0,56–1,56)	(0,16–0,46)	(0,07–0,16)	
Csp ⁴	11,01	1,64	0,46	2,70
<i>Psi</i> ⁴	(6,42–15,14)	(0,91–2,22)	(0,23–0,62)	(1,60–3,50)

¹Porcentagem de aceitação (%Aceitação) (%), ²Produção de geléia real por mini-recrã (Grmr) (g), ³Produção de geléia real por cúpula (Grcup) (mg) e ⁴Consumo de suplemento do pólen (Csp) (g).

¹Larvae acceptance (*La%*) (%), ²Royal jelly production/colony/collect (*Rjpc*) (g), ³Royal jelly produced per cup (*Rjcup*) (mg), ⁴Pollen supplement intake (*Psi*) (g).

Tabela 8 - Componentes de (co)variância permanente de ambiente em análise tetracaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para abelhas *Apis mellifera* africanizadas

Table 8 - Components of permanent environment (co)variance in analysis tetracaracter and their respective credibility intervals, at 90%, for Africanized honeybees

	%Aceitação ¹ <i>La%</i> ¹	Grmr ² <i>Rjpc</i> ²	Grcup ³ <i>Rjcup</i> ³	Csp ⁴ <i>Psi</i> ⁴
%Aceitação ¹	20,84			
<i>La%</i> ¹	(8,19–25,71)			
Grmr ²	1,01	0,67		
<i>Rjpc</i> ²	(-0,15–1,73)	(0,36–0,85)		
Grcup ³	-0,13	0,22	0,15	
<i>Rjcup</i> ³	(-0,47–0,24)	(0,13–0,29)	(0,11–0,19)	
Csp ⁴	1,00	0,49	0,20	2,60
<i>Psi</i> ⁴	(-1,77–3,16)	(0,03–0,85)	(0,03–0,33)	(1,52–3,49)

¹Porcentagem de aceitação (%Aceitação) (%), ²Produção de geléia real por mini-recrã (Grmr) (g), ³Produção de geléia real por cúpula (Grcup) (mg) e ⁴Consumo de suplemento do pólen (Csp) (g).

¹Larvae acceptance (*La%*) (%), ²Royal jelly production/colony/collect (*Rjpc*) (g), ³Royal jelly produced per cup (*Rjcup*) (mg), ⁴Pollen supplement intake (*Psi*) (g).

Já a estimativa de covariância residual para Grup e %Aceitação foi negativa e inferior em análise tetracaracter (-3,67) comparado a análise bicaracter (0,06). As estimativas para variância residual foram superiores em análise tetracaracter comparado à análise unicaracter e bicaracter (Tabelas 1, 5 e 10).

Tabela 9 - Componentes de (co)variância fenotípica em análise tetracaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para abelhas *Apis mellifera* africanizadas

Table 9 - Components of phenotypic (co)variance in analysis tetracaracter and their respective credibility intervals, at 90%, for Africanized honeybees

	%Aceitação ¹ <i>La%</i> ¹	Grmr ² <i>Rjpc</i> ²	Grcup ³ <i>Rjcup</i> ³	Csp ⁴ <i>Psi</i> ⁴
%Aceitação ¹	460,92			
<i>La%</i> ¹	(427,26–488,78)			
Grmr ²	23,59	30,49		
<i>Rjpc</i> ²	(19,82–23,83)	(28,84–31,98)		
Grcup ³	-3,36	11,79	5,56	
<i>Rjcup</i> ³	(-5,17– -1,51)	(10,87–12,62)	(4,96–6,12)	
Csp ⁴	12,57	16,92	6,96	21,08
<i>Psi</i> ⁴	(7,81–16,84)	(15,14–18,67)	(6,05–7,74)	(18,98–22,96)

¹Porcentagem de aceitação (%Aceitação) (%), ²Produção de geléia real por mini-recria (Grmr) (g), ³Produção de geléia real por cúpula (Grcup) (mg) e ⁴Consumo de suplemento do pólen (Csp) (g).

¹Larvae acceptance (*La%*) (%), ²Royal jelly production/colony/collect (*Rjpc*) (g), ³Royal jelly produced per cup (*Rjcup*) (mg), ⁴Pollen supplement intake (*Psi*) (g).

Tabela 10 - Componentes de (co)variância residual em análise tetracaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para abelhas *Apis mellifera* africanizadas

Table 10 - Components of residual (co)variance in analysis tetracaracter and their respective credibility intervals, at 90%, for Africanized honeybees

	%Aceitação ¹ <i>La%</i> ¹	Grmr ² <i>Rjpc</i> ²	Grcup ³ <i>Rjcup</i> ³	Csp ⁴ <i>Psi</i> ⁴
%Aceitação ¹	302,47			
<i>La%</i> ¹	(284,33–317,42)			
Grmr ²	11,56	28,00		
<i>Rjpc</i> ²	(8,09–14,83)	(26,45–29,39)		
Grcup ³	-3,67	11,21	5,27	
<i>Rjcup</i> ³	(-5,26– -2,12)	(10,35–12,03)	(4,70–5,82)	
Csp ⁴	0,64	14,72	6,26	15,72
<i>Psi</i> ⁴	(-2,12–3,28)	(13,03–16,43)	(5,45–7,04)	(13,97–17,34)

¹Porcentagem de aceitação (%Aceitação) (%), ²Produção de geléia real por mini-recria (Grmr) (g), ³Produção de geléia real por cúpula (Grcup) (mg) e ⁴Consumo de suplemento do pólen (Csp) (g).

¹Larvae acceptance (*La%*) (%), ²Royal jelly production/colony/collect (*Rjpc*) (g), ³Royal jelly produced per cup (*Rjcup*) (mg), ⁴Pollen supplement intake (*Psi*) (g).

As estimativas para herdabilidade, correlação genética e fenotípica, em análise tetracaracter, estão representadas na Tabela 11.

A análise tetracaracter apresentou valores de herdabilidades baixo a alta (0,06 a 0,30) e, de maneira geral, foram inferiores aos obtidos em análise unicaracter e bicaracter. O maior valor de herdabilidade encontrado foi de 0,30 para %Aceitação.

As características Grmr e Grcup apresentaram correlação fenotípica superior de 0,91 ao encontrado para a correlação genética de 0,66; apesar de a correlação genética ser alta o ambiente exerce grande influência sobre essa característica. Enquanto que a correlação fenotípica foi negativa (-0,07) para %Aceitação e Grcup.

Tabela 11 – Estimativas de herdabilidade (diagonal), correlação genética (abaixo da diagonal) e de correlação fenotípica (acima da diagonal) em análise tetracaracter e seus respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para abelhas *Apis mellifera* africanizadas

Table 11 - Heritability estimates (diagonal), genetic correlation (below the diagonal) and phenotypic correlation (above the diagonal) in analysis tetracaracter and their respective credibility intervals, at 90%, for Africanized honeybees

	% Aceitação ¹ <i>La%</i> ¹	Grmr ² <i>Rjpc</i> ²	Grcup ³ <i>Rjcup</i> ³	Csp ⁴ <i>Psi</i> ⁴
% Aceitação ¹	0,30	0,20	-0,07	0,13
<i>La%</i> ¹	(0,25–0,34)			
Grmr ²	0,69	0,06	0,91	0,67
<i>Rjpc</i> ²	(0,61–0,84)	(0,04–0,08)		
Grcup ³	0,12	0,66	0,02	0,64
<i>Rjcup</i> ³	(-0,15–0,43)	(0,54–0,82)	(0,01–0,03)	
Csp ⁴	0,57	0,71	0,76	0,13
<i>Psi</i> ⁴	(0,43–0,77)	(0,63–0,85)	(0,68–0,89)	(0,07–0,17)

¹Porcentagem de aceitação (% Aceitação) (%), ²Produção de geléia real por mini-recria (Grmr) (g), ³Produção de geléia real por cúpula (Grcup) (mg) e ⁴Consumo de suplemento do pólen (Csp) (g).

¹Larvae acceptance (*La%*) (%), ²Royal jelly production/colony/collect (*Rjpc*) (g), ³Royal jelly produced per cup (*Rjcup*) (mg), ⁴Pollen supplement intake (*Psi*) (g).

Todas as características possuíram valores interessantes de seleção e os valores genéticos, de forma geral, foram superiores aos fenotípicos. As correlações genéticas e fenotípicas tiveram uma variação maior na análise tetracaracter (0,12 a 0,76 e –0,07 a 0,91, respectivamente) em comparação à bicaracter (0,21 a 0,77 e 0,15 a 0,45, respectivamente).

A análise dos resultados obtidos para análise bicaracter indica que a seleção realizada para aumentar % Aceitação promoverá aumento na Grmr, Grcup e Csp. Assim, a estimação dos parâmetros que determinam a produção de geléia real obtidos em análise bicaracter foi utilizada para o cálculo da eficiência de seleção em cada uma das três situações propostas.

O resultado obtido pela eficiência de seleção (1x2, 1x3 e 1x4), indica que é possível obter ganho de 0,63%, 0,72% e 0,79%, respectivamente, em comparação a seleção apenas para Grmr. Assim, a seleção direta da produção de Grmr é recomendada, uma vez que nenhuma das outras situações de seleção demonstrou ser melhor.

Conclusão

As estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para produção de geléia real e para as características que as determinam, em abelhas africanizadas, indicam que existe potencial de seleção.

A seleção direta com base na produção de geléia real por mini-recria é recomendada, uma vez que nenhuma das outras três foi melhor.

Literatura Citada

- AZEVEDO, A.L.G. **Estudo de parâmetros relacionados com a produção de geléia real em colméias de *Apis mellifera* mais e menos produtivas.** 1996. 167 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – UNESP, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- AZEVEDO-BENITEZ, A.L.G. **Dietas proteicas sobre a produção de geléia real e parâmetros associados em colméias de *Apis mellifera*.** 2000. 141 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - UNESP, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- BIENEFELD, K.; PIRCHNER, F. Genetic correlations among several colony characters in the honey bee (Hymenoptera: Apidae) taking queen and worker effects into account. **Annals of Entomological Society of America**, v. 84, n.3, p. 324-331, 1991.
- BRANDEBURGO, M.A.M.; GONÇALVES, L.S.; LÔBO, R.B. Heritability estimates of biological and behavioral traits of *Apis mellifera* bee colonies. **Ciência e Cultura**, v. 41, n. 5, p. 496-499, 1989.
- BOECKING, O.; BIENEFELD, K.; DRESCHER, W. Heritability of the varroa-specific hygienic behavior in honey bees (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 117, p. 417-424, 2000.
- COLLINS, A.M.; RINDERER, T.E.; HARBO, J.R.; et al. Heritabilities and correlations for several characters in the honey bee. **The Journal of Heredity**, v. 75, p. 135-140, 1984.
- COSTA, F.M. **Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para peso e medidas morfométricas em rainhas *Apis mellifera* africanizadas.** 2005. 39 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- COUTO, L.A.; NOGUEIRA-COUTO, R.H. Estudo do fornecimento de ração proteica em colméias de *Apis mellifera* infestadas com *Varroa jacobsoni*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 23, n. 2, p. 119-122, 1988.
- CRAILSHEIM, K.; STOLBERG, E. Influence of diet, age and colony condition upon intestinal proteolytic activity and size of the hypopharyngeal glands in the honeybee (*Apis mellifera* L.). **Journal of Insect Physiology**, n. 35, p. 595-602, 1989.
- DOOLITTLE, G.M. Mr. Doolittle's queen rearing methods. **American Bee Journal**, v. 39, p. 435-436, 1899.
- GARCIA, R.H.C.; NOGUEIRA-COUTO, R.H. Produção de geléia real por abelhas *Apis mellifera* italianas, africanizadas e descendentes de seus cruzamentos. **Acta Scientiarum Animal Science**, v. 27, n. 1, p. 17-22, 2005.
- GARCIA, R.C.; NOGUEIRA-COUTO R.H.; MALERBO-SOUZA, D.T. Efeitos do fornecimento de farelo de trigo sobre o desenvolvimento da glândula hipofaríngea

- e produção de geléia real em colméias de *Apis mellifera*. **Ciência Zootécnica**, v.4, n.1. p.06-08, 1989.
- HARBO, J.R.; HARRIS, J.W. Heritability in honey bees (Hymenoptera: Apidae) of characteristics associated with resistance to *Varroa jacobsoni* (Mesostigmata: Varroidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 92, n. 2, p. 262-265, 1999.
- HAYDAK, M. H. Honey bee nutrition. **Annual Review of Entomology**, v. 15. p.143-156, 1970.
- HAZEL, L.N.; LUSH, J.L. The efficiency of three methods of selection. **Journal of Heredity**, v. 33, p. 393-399, 1942.
- JIANKE, L. AIPING, W. Comprehensive technology for maximizing royal jelly production. **American Bee Journal**, v. 145, n. 8, p. 661-664, 2005.
- KERR, W.E. Progresso na genética de insetos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 10., 1994, Pousada do Rio Quente. **Anais...** Pousada do Rio Quente: CBA, 1994. p. 264-277.
- KRAUS, F.B.; NEUMANN, P.; MORITZ, R.F.A. Genetic variance of mating frequency in the honeybee (*Apis mellifera* L.). **Insectes Sociaux**, v. 52. p. 1-5, 2005.
- LIDLAW, H.H.; ECKERT, J.E. **Queen rearing**. Berkeley: University of California Press, 1962.
- LENGLER, S.; ALVES, E.M.; KIEFER, C.; et al. Avaliação do efeito do terneron e farinha Láctea na suplementação energético proteica de abelhas melíferas. In: V SEMINÁRIO ESTADUAL DE APICULTURA, 5., 2000, São Borja. **Anais...** São Borja: V Seminário Estadual de Apicultura, 2000. p. 155-160.
- MORSE, R.; HOOPER, T. **Enciclopédia Ilustrada de Apicultura**. Lisboa: Europa-América, 1986.
- MOURO, G.F.; TOLEDO, V.A.A. Evaluation of *Apis mellifera* Carniolan and Africanized honey bees in royal jelly production. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, n. 3, p. 469-476, 2004.
- MILNE-JÚNIOR, C.P. Estimates of the heritabilities of and genetic correlation between two components of honey bee (Hymenoptera: Apidae) hygienic behavior: uncapping and removing. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 78, n. 65, p. 841-844, 1985.
- PEGORARO, A.; MARQUES, E.N.; CHAVES-NETO, A.; et al. Estoque de recursos alimentares em *Apis mellifera scutellata* (Hymenoptera: Apidae). **Archives of Veterinary Science**, v. 1, n. 4, p. 51-56, 1999.
- R Development Core Team (2004). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- RINDERER, T.E. Measuring the heritability of characters of honeybees. **Journal of Apicultural Research**, v. 16, n. 1, p. 95-98, 1977.
- RINDERER, T.E. **Bee genetics and breeding**. Florida: Academic Press, 1986. 426p.
- SANTOS, J.J.; MESSAGE, D. Utilização de mini-recrias para a produção de geléia real. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 5., 1980, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1980. p. 307-311.

- SOARES, A.E.E.; ALMEIDA, R.; BEZERRA-LAURE, M.A. Avanços no melhoramento genético e na inseminação instrumental em *Apis mellifera*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 11., 1996, Teresina. **Anais...** Teresina: CBA, 1996. p. 59-61.
- TOLEDO, V.A.A. **Estudo comparativo de parâmetros biológicos e de produção de cera e geléia real em colônias de abelhas *Apis mellifera* africanizadas, cárnicas, italianas e seus híbridos.** 1997. 196 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- TOLEDO, V.A.A.; MOURO, G.F. Produção de geléia real com abelhas africanizadas selecionadas cárnicas e híbridas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2085-2092, 2005.
- 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: Departament of Agriculture/ Agricultural Research Service, 1995.
- VAN TOOR, R.F.; LITTLEJOHN, R.P. Evaluation of hive management techniques in production of royal jelly by honey bees (*Apis mellifera*) in New Zealand. **Journal of Apicultural Research**, v. 33, n. 3, p. 160-166, 1994.
- WINSTON, M.L.; KATZ, S.J. Longevity of cross-fostered honey bee workers (*Apis mellifera*) of European and Africanized races. **Canadian Journal of Zoology**, v. 59, p. 1571-1574, 1981.
- WINSTON, M.L. TAYLOR, O.R.; OTIS, G.W. Some differences between temperate European and tropical African and south American honeybees. **Bee World**, v. 64, n. 1, p. 12-21, 1983.

Artigo II

Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para características morfométricas e produção de geléia real em abelhas *Apis mellifera* africanizadas

RESUMO – Os objetivos deste trabalho foram estimar os componentes de (co)variância, parâmetros genéticos e fenotípicos para características morfológicas, em rainhas *Apis mellifera* africanizadas associados com a produção de geléia real, como subsídio para o estabelecimento de programas de melhoramento genético. Ao todo foram utilizadas 15 rainhas matrizes, que forneceram larvas para produção de rainhas filhas. Após a emersão, as rainhas foram anestesiadas e feitas mensurações para peso vivo (mg), comprimento e largura da asa e abdome (cm). As rainhas foram selecionadas por peso e introduzidas em colônias mini-recrias, nas quais a produção de geléia real foi mensurada. Os dados de produção e morfometria foram submetidos à análise unicaracter, bicaracter e hexacaracter utilizando a inferência bayesiana. As médias obtidas para as rainhas selecionadas foram de 4,33 g para produção de geléia real por mini-recria, 209,34 mg para peso, 1,00 e 0,37 cm para comprimento e largura da asa, 1,10 e 0,46 cm para comprimento e largura do abdome, respectivamente. As estimativas de herdabilidade, em análise bicaracter, para as características geléia real por mini-recria (g), peso (mg), comprimento e largura da asa e do abdome (cm) foram de: 0,49, 0,65, 0,55, 0,55, 0,59 e 0,57, respectivamente. As estimativas de herdabilidade indicam que as características morfométricas são correlacionadas com a produção de geléia real. Os resultados obtidos neste trabalho indicam que existe potencial de seleção, com base na largura do abdome de rainhas recém-emergidas.

Palavras-chave: melhoramento de abelhas, produção de rainhas, herdabilidade, morfometria, inferência bayesiana

Estimative of genetic and phenotypic parameters for morphometric traits and royal jelly production in Africanized honeybees

ABSTRACT - This research was carried out to estimate (co)variance components, genetic and phenotypic parameters for components of morphometric traits in Africanized queens associated with royal jelly production to establish improvement genetic breeding. It was used 15 mother queens that supplied larvae for rearing their daughters. After emersion the queens were anesthetized and made measures for body weight (mg), wing and abdomen length and width (cm). The queens were selected for body weight and introduced in honeybee hives where the royal jelly production was measured. The data of royal jelly production and morphometric were submitted to univariate, bivariate and multivariate analysis using bayesian inference. The average obtained for selected queens were 4.33 g for royal jelly production per colony, 209.34 mg for queen weight, 1.00 and 0.37 cm for wing length and width, 1.10 and 0.46 cm for abdomen length and width, respectively. The heritability estimative in bivariate analysis ranged from medium to high for royal jelly production per colony (g), body weight (mg), width of the wing and abdomen (cm) were: 0.49, 0.65, 0.55, 0.55, 0.59 and 0.57, respectively. The heritability estimative indicates that the morphometric traits were correlated with royal jelly production per colony. It was concluded that exists a potential selection for abdomen width trait in newly Africanized emerged queens.

Key Words: bee breeding, queen rearing, heritability, morphometry, bayesian estimate

Introdução

Uma das características da biologia da abelha *Apis mellifera* é a variabilidade fenotípica encontrada entre as subespécies (Winston et al., 1983); um fator de grande importância econômica para a colônia e o apicultor (Hoopingarner & Farrar, 1959).

A rainha é a peça chave no melhoramento de abelhas, assim, estudos têm sido realizados relacionando medidas morfométricas das abelhas com o desempenho produtivo da colônia (Szabo, 1973;1982; Szabo & Lefkovitch, 1988; Souza et al., 2002), com intuito de selecionar características desejáveis que promovam uma melhoria na produção (Lawrence & Cobey, 1985).

Existem inúmeras características que indicam uma rainha reprodutivamente superior: ovários mais largos ou longos, favorecendo mais ovariolos por ovário; tamanho da espermateca, permitindo maior armazenamento de espermatozoides; tamanho do tórax e metabolismo mais eficiente, que permite maior razão de assimilação de alimento e produção de ovócito por ovariolo. Estes fatores podem ser medidos direta ou indiretamente pelo peso vivo (Kefuss, 1998; Tarpy et al., 2000), ou por meio de características morfométricas (Eckert, 1937).

Segundo Jianke & Aiping (2005) a produção de geléia real é uma característica geneticamente controlada. A sua produção em abelhas africanizadas é muito variável, necessitando a seleção de rainhas (Toledo, 1997; Mouro & Toledo, 2004; Garcia & Nogueira-Couto, 2005). A seleção é baseada na avaliação genética (Rinderer, 1977), que depende da estimação dos componentes de (co)variância e dos parâmetros genéticos para identificação dos animais superiores geneticamente (Rinderer, 1986).

Costa (2005) obteve estimativas de herdabilidade alta para características de peso, largura e comprimento de asa e do abdome avaliadas em rainhas africanizadas.

Para características de baixa herdabilidade ou problemas de mensuração e identificação o estudo das correlações é de grande importância (Cruz & Regazzy, 1997), além do que o valor econômico de um animal é influenciado por várias características que, geralmente, são correlacionadas (Falconer, 1987).

Como pouco se conhece sobre os fatores genéticos que controlam a produção de geléia real (Azevedo, 1996) é necessário o estudo e produção de rainhas com características desejáveis para melhoria da produtividade (Almeida et al., 2000).

O objetivo deste trabalho foi estimar os componentes de (co)variância e os parâmetros genéticos e fenotípicos para características morfológicas, em rainhas *Apis*

mellifera africanizadas, relacionados com a produção de geléia real, como subsídios para o estabelecimento de programas de melhoramento genético em abelhas.

Material e Métodos

Foram utilizadas 15 colônias matrizes fornecedoras de larvas, sem histórico de produção, localizadas no Apiário da Fazenda Experimental de Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá (FEI/UEM) para a produção de rainhas filhas.

O método utilizado para produção das rainhas foi o de Doolittle (1899), que consistiu na transferência de larvas de sua célula de origem para cúpulas de acrílico. Para tanto, um favo de cria foi retirado de cada colônia matriz, identificado, manuseado cuidadosamente e coberto com pano limpo e úmido, mantendo assim a qualidade das larvas até o momento da transferência no laboratório de Produção de Rainhas com temperatura em torno de 34°C e umidade de 50%.

Mini-recrias compostas por dois núcleos sobrepostos separados por uma tela excludora de rainha foram utilizadas como colônias iniciadoras-terminadoras. O núcleo inferior possuía cinco favos e o superior quatro favos mais o caixilho porta-cúpulas com 28 cúpulas de acrílico, sendo 14 localizadas no sarrafo de cima e 14 no sarrafo de baixo.

No momento da transferência cada cúpula recebeu uma gota de geléia real diluída em água destilada (1:1). Larvas de todas as matrizes foram distribuídas aleatoriamente nas 28 cúpulas do caixilho de transferência e identificadas sua genealogia no sarrafo, com uma caneta esferográfica. Logo após a transferência foi fornecida alimentação energética de 60% de açúcar e 40% de água.

As mini-recrias foram manejadas a cada 10 dias até o fim da estação. O manejo consistia na substituição de dois a três favos com cria operculada do núcleo inferior para o superior para manter neste quantidade suficiente de nutrizas, destinadas ao cuidado e alimentação das larvas transferidas, além de espaço livre no núcleo inferior para que a rainha efetuasse a postura.

A idade das larvas utilizadas na transferência para produção de rainhas foi de até um dia de idade, e a retirada das realeiras foi marcada para 10 dias após a transferência.

Ao décimo dia, o quadro porta-cúpulas foi retirado da mini-recria e levado ao laboratório. As realeiras foram dispostas verticalmente em frascos de vidro de 20 mL, contendo no interior uma tira de papel que permitisse a movimentação da rainha, e fornecido um alimento cãndi (massa de açúcar de confeitaria e mel). Cada vidro recebeu

a identificação contida no sarrafo e da mini-recria. Em seguida, os vidros com as realeiras foram levados à estufa de cultura com temperatura média de 34°C e umidade de 50% até a emersão das rainhas.

Logo após a emersão cada rainha foi anestesiada com CO₂ e foi realizada a determinação da medida de peso vivo (mg), com uma balança de precisão de 0,001 g, e determinação do comprimento e largura da asa e abdome (cm) utilizando um paquímetro digital de precisão de 0,01 mm – 0,0005”.

Para mensuração do comprimento e largura da asa foi utilizada a asa anterior direita. O comprimento do abdome foi medido em posição relaxada e a sua largura no terceiro segmento, de acordo com o método descrito por Costa (2005). As rainhas foram marcadas com plaquetas numeradas na parte superior do tórax para identificação da sua genealogia. Em seguida, as rainhas foram acondicionadas em gaiola de rainha, contendo cinco a oito abelhas acompanhantes e cãndi, e levadas à estufa até o momento da sua introdução nas colônias mini-recrias.

Para avaliação da produtividade diversos autores em trabalhos de genética sugerem a utilização de rainhas com peso superior a 200 mg (Gonçalves & Kerr, 1970; Kerr et al., 1970). Para tanto, foi realizada a seleção das rainhas e somente aquelas com peso superior a 180 mg foram conservadas.

Duas filhas mais pesadas de cada matriz foram introduzidas em colônias mini-recrias, orfanadas 24 horas antes. No momento da introdução da nova rainha, cada favo foi inspecionado e as realeiras presentes formadas pela falta da antiga rainha foram destruídas, com aproveitamento da geléia real. A rainha foi introduzida na gaiola, disposta verticalmente entre os favos de cria e sem as abelhas acompanhantes. Sua liberação ocorria por volta de dois dias após o consumo do cãndi pelas operárias. Caso não fosse aceita, nova rainha era introduzida até obter sucesso. Foram colocadas identificações de cores e formas no alvado para evitar o *drifting* das rainhas no retorno do vôo de fecundação.

A longevidade de uma operária africanizada é de 24,4 dias (Winston & Katz, 1981), assim em 50 dias todas as abelhas presentes na colônia serão filhas da nova rainha. Após esse tempo, a colônia foi submetida à produção de geléia real.

A produção de geléia real é semelhante ao processo de produção de rainhas. Neste caso, a criação das rainhas foi interrompida 66-72 horas após a transferência. O quadro porta-cúpulas foi identificado de acordo com a mini-recria e possuía 28 cúpulas de acrílico, sendo 14 no sarrafo de cima e 14 no sarrafo de baixo. A geléia real coletada foi

pesada em uma balança de precisão de 0,001 g, acondicionada em potes e congelada, e assim a produção por mini-recrã (g) foi avaliada. O quadro porta-cúpulas era devolvido à mini-recrã para limpeza pelas operárias e nova transferência era realizada.

A transferência de larvas para produção de geléia real foi realizada duas vezes por semana e se estendeu por aproximadamente um mês. Quando terminava o período de avaliação da rainha, esta era retirada para introdução de outra e dar continuidade ao processo. O período desde a introdução da rainha até o final da avaliação de produção foi considerado um ciclo. Neste trabalho foram introduzidas 35 rainhas filhas de 15 matrizes, com avaliação de rainhas F1 e F2 em três ciclos, totalizando 54 rainhas.

A produção das rainhas estendeu-se de janeiro a dezembro de 2006 e a coleta dos dados de produção de abril de 2006 a janeiro de 2007.

A estimação dos componentes de (co)variância e dos parâmetros genéticos, para todas as características analisadas, foi realizada utilizando abordagem Bayesiana, por meio do programa MTGSAM (*Multiple Trait Gibbs Sampling in Animal Models*) desenvolvido por Van Tassel & Van Vleck (1995), que procede à estimação Bayesiana por meio da técnica de amostragem de Gibbs.

Foram realizadas análises unicaracter, bicaracter e hexacaracter utilizando um modelo animal que incluiu os efeitos fixos de rainha, pai, mãe e época de coleta. Os efeitos aleatórios considerados foram os genéticos aditivos.

Foram assumidas pressuposições de que os efeitos fixos têm distribuição plana e as matrizes de (co)variâncias distribuição de Wishart Invertida.

Para todas as análises foi utilizado o modelo animal descrito a seguir:

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

em que,

y é o vetor de observações;

X é a matriz de incidência dos efeitos fixos, contida no vetor β ;

β é vetor de efeitos fixos;

Z é a matriz de incidência dos efeitos genéticos;

a é o vetor de efeitos genéticos aditivos;

e é o vetor dos erros aleatórios.

Foi assumido que os vetores y , a e e apresentam distribuição conjunta normal multivariada, como segue:

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

Na análise unicaracter, $G = A\sigma_a^2$, sendo A a matriz de parentesco entre as rainhas e σ_a^2 a variância genética da característica; $R = I\sigma_e^2$, sendo I a matriz identidade de ordem igual ao número de rainhas e σ_e^2 a variância residual da característica.

Na análise multicaracter, $G = G_0 \otimes A$, sendo A a matriz de parentesco entre as rainhas e G_0 a matriz de (co)variância genética entre as características, dada por:

$$G_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{a1}^2 & \sigma_{a1a2} & \sigma_{a1a3} & \sigma_{a1a4} & \sigma_{a1a5} & \sigma_{a1a6} \\ \sigma_{a2a1} & \sigma_{a2}^2 & \sigma_{a2a3} & \sigma_{a2a4} & \sigma_{a2a5} & \sigma_{a2a6} \\ \sigma_{a3a1} & \sigma_{a3a2} & \sigma_{a3}^2 & \sigma_{a3a4} & \sigma_{a3a5} & \sigma_{a3a6} \\ \sigma_{a4a1} & \sigma_{a4a2} & \sigma_{a4a3} & \sigma_{a4}^2 & \sigma_{a4a5} & \sigma_{a4a6} \\ \sigma_{a5a1} & \sigma_{a5a2} & \sigma_{a5a3} & \sigma_{a5a4} & \sigma_{a5}^2 & \sigma_{a5a6} \\ \sigma_{a6a1} & \sigma_{a6a2} & \sigma_{a6a3} & \sigma_{a6a4} & \sigma_{a6a5} & \sigma_{a6}^2 \end{bmatrix}$$

$R = R_0 \otimes I$, sendo I a matriz identidade de ordem igual ao número de rainhas e R_0 a matriz de (co)variâncias residuais entre as características, dada por:

$$R_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{e1}^2 & \sigma_{e1e2} & \sigma_{e1e3} & \sigma_{e1e4} & \sigma_{e1e5} & \sigma_{e1e6} \\ \sigma_{e2e1} & \sigma_{e2}^2 & \sigma_{e2e3} & \sigma_{e2e4} & \sigma_{e2e5} & \sigma_{e2e6} \\ \sigma_{e3e1} & \sigma_{e3e2} & \sigma_{e3}^2 & \sigma_{e3e4} & \sigma_{e3e5} & \sigma_{e3e6} \\ \sigma_{e4e1} & \sigma_{e4e2} & \sigma_{e4e3} & \sigma_{e4}^2 & \sigma_{e4e5} & \sigma_{e4e6} \\ \sigma_{e5e1} & \sigma_{e5e2} & \sigma_{e5e3} & \sigma_{e5e4} & \sigma_{e5}^2 & \sigma_{e5e6} \\ \sigma_{e6e1} & \sigma_{e6e2} & \sigma_{e6e3} & \sigma_{e6e4} & \sigma_{e6e5} & \sigma_{e6}^2 \end{bmatrix}$$

Foram geradas cadeias de Gibbs e a monitoração da convergência das cadeias foi feita por meio da utilização dos testes de diagnóstico de Geweke e de Heidelberger e Welch, disponíveis no CODA (*Convergence Diagnosis and Output Analysis*), implementado no programa R (2004).

Para a análise unicaracter foram geradas cadeias de Gibbs de 5.000.000 a 10.000.000 iterações, com descarte inicial de 300.000 iterações e intervalo de amostragem 3.000 iterações. Para a bicaracter, a cadeia de Gibbs foi de 10.000.000 a 55.000.000 iterações, com descarte inicial de 300.000 iterações e intervalos de

amostragem a cada 5.000 iterações. Para a hexacaracter a cadeia de Gibbs consistiu de 465.000.000 de iterações, com descarte de 300.000 iterações e intervalos de amostragem a cada 5.000 iterações.

Foram construídos os intervalos de credibilidade para todos os componente de (co)variância e parâmetros genéticos, ao nível de 90%.

Resultados e discussão

Foram produzidas e mensuradas quanto a sua morfometria 610 rainhas, onde 35 foram selecionadas por peso, introduzidas e avaliadas quanto à produção de geléia real, totalizando 10836 larvas transferidas em 54 mini-recrias.

As médias gerais para as medidas morfométricas das rainhas produzidas e das selecionadas foram: 188,82 e 209,34 mg para peso (Peso); 0,99 e 1,00 cm para comprimento da asa (Casa); 0,37 cm para largura da asa (Lasa); 1,00 e 1,10 cm para comprimento do abdome (Cabd) e 0,45 e 0,46 cm para largura do abdome (Labd).

O peso médio das rainhas ao emergir foi inferior ao encontrado por Gonçalves & Kerr (1970) de 199,32 mg, e superior aos obtidos por Oliveira et al. (1997) de 161,42 mg, Costa (2005) de 178,18 mg e Tarpy et al. (2000) de 188,00 mg. Pereira et al. (2000) encontraram peso de 209,11 mg, valor muito similar ao peso médio das rainhas selecionadas que foram avaliadas neste trabalho de 209,34 mg.

Costa (2005) avaliou medidas morfométricas de rainhas de mesma origem genética deste trabalho, e encontrou valores médios muito próximos de: 0,99 cm para Casa, 0,37 cm para Lasa, 0,99 cm para Cabd e 0,46 cm para Labd. Hatch et al. (1999) e Tarpy et al. (2000) produzindo rainhas com larvas de 0 a 24 horas e 24 a 48 horas encontraram valores de 0,93 e 0,96 cm para Casa e 0,31 e 0,33 cm para Lasa, respectivamente.

As diferenças obtidas demonstram que o tamanho da rainha pode aumentar durante a espera na estufa antes da mensuração, devido ao consumo do cãndi ou pela realização da transferência de larvas com diferentes idades, uma vez que, segundo Tarpy et al. (2000) larvas mais jovens originam rainhas maiores. Para diminuir esse efeito Costa (2005) sugere padronização da idade das larvas em horas, além das rainhas serem medidas ao nascimento ou em data pré-estabelecida.

A média de produção foi 4,33 g de geléia real por mini-recria (Grmr). Trabalhos com abelhas africanizadas mostraram resultados de produção inferiores variando de

1,68 a 3,96 g de Grmr (Toledo, 1997; Mouro & Toledo, 2004; Garcia & Nogueira-Couto, 2005; Toledo & Mouro, 2005).

Houve indicação de convergência para todas as cadeias de Gibbs por meio da utilização dos testes de diagnóstico para as análises unicaracter, bicaracter e hexacaracter.

As estimativas de variâncias e herdabilidade, com seus respectivos intervalos de credibilidade, das características morfológicas das rainhas analisadas e submetidas à análise unicaracter estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Estimativas de variância genética aditiva (σ^2_a), fenotípica (σ^2_p), residual (σ^2_e) e de herdabilidade (h^2) em análise unicaracter e seus respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para rainhas *Apis mellifera* africanizadas

Table 1 - Estimative of additive genetic variance (σ^2_a), phenotypic (σ^2_p), residual (σ^2_e) and heritability (h^2) in analysis unicaracter and their respective credibility intervals, at 90%, for Africanized queens

	σ^2_a	σ^2_p	σ^2_e	h^2
Grmr ¹	8,84	17,36	8,52	0,51
Rjp ¹	(7,18-10,11)	(14,91-19,29)	(7,01-9,69)	(0,45-0,56)
Peso ²	25768,73	26266,70	497,97	0,95
Weight ²	(7257,19-26030)	(7751,00-26584,00)	(411,42-560,60)	(0,93-0,98)
Casa ³	22,09	46,85	24,76	0,47
Wl ³	(17,10-25,60)	(38,52-52,52)	(19,57-28,56)	(0,42-0,53)
Lasa ⁴	19,48	42,02	22,54	0,46
Ww ⁴	(15,07-22,50)	(34,49-46,99)	(17,80-25,93)	(0,41-0,52)
Cabd ⁵	20,01	38,20	18,19	0,52
Al ⁵	(15,66-23,05)	(31,37-42,86)	(14,23-21,00)	(0,47-0,58)
Labd ⁶	17,18	34,49	17,31	0,50
Aw ⁶	(13,41-19,89)	(28,88-38,59)	(13,60-19,95)	(0,44-0,55)

¹Produção de geléia real por mini-recría (Grmr) (g), ²Peso (Peso) (mg), ³Comprimento da asa (Casa) (cm), ⁴Largura da asa (Lasa) (cm), ⁵Comprimento do abdome (Cabd) (cm) e ⁶Largura do abdome (Labd) (cm)

¹Royal jelly production (Rjp) (g), ²Weight (Weight) (g), ³Wing length (Wl) (cm), ⁴Wing width (Ww), ⁵Abdomen length (Al) (cm) and ⁶Abdomen width (Aw) (cm)

Os intervalos de credibilidade não foram amplos, portanto, foram obtidas estimativas precisas. Os valores de variância genética, fenotípica e residual foram altos para a característica Peso, quando comparado as outras características morfométricas.

As estimativas de herdabilidade apresentaram valores de magnitude média a alta, onde o menor valor encontrado foi 0,46 para Lasa e o maior de 0,95 para Peso.

As mesmas características foram submetidas à análise bicaracter.

As estimativas de variância genética aditiva e fenotípica para Peso em análise bicaracter foram menores que o obtido para análise unicaracter (739,35 e 25768,73; 1193,17 e 26266,70, respectivamente). Ao contrário, das outras características que

obtiveram valores superiores para variância genética aditiva, fenotípica e residual (Tabelas 2, 3 e 4).

As estimativas de herdabilidade, correlação genética e fenotípica, com seus respectivos intervalos de credibilidade, para as características morfométricas estão representadas na Tabela 5.

A análise bicaracter apresentou estimativas de herdabilidade variando de 0,49 a 0,65, sendo estes valores, em geral, inferiores a análise unicaracter.

A característica Peso obteve estimativa de herdabilidade igual a 0,65, valor superior aos encontrados para as outras características morfométricas avaliadas. Isso demonstra que esta característica tem uma forte influência genética e pode ser usada na seleção visando à produção de geléia real.

Segundo Szabo (1973) embora o peso vivo mude após a emersão, esta é uma característica desejável visando à seleção de rainhas. Além do que, o peso está correlacionado significativamente com a área de cria e uma rainha com bom peso vivo é capaz de botar mais ovos que uma rainha leve e pequena (Boch & Jamieson, 1960).

Szabo & Lefkovitch (1988) obtiveram efeito significativo em várias características morfológicas avaliadas com a produção de mel, bem como viabilidade dos ovos e resistência a doenças. Porém, o peso médio das rainhas ao emergir não influenciou a produção de mel.

Costa (2005), por meio de análise bayesiana, obteve estimativas de (co)variância para as mesmas características morfométricas deste trabalho. Este mesmo autor obteve, em análise pentacaracter, estimativas de herdabilidade superiores de 0,71 para Peso, 0,84 para Casa, 0,67 para Lasa, 0,68 para Cabd e 0,68 para Labd.

As estimativas de correlações genéticas foram positivas, porém apresentaram valores estimados menores que os encontrados para as correlações fenotípicas para as características Grmr e Peso, Peso e Lasa; Casa e Cabd (0,03 e 0,05; 0,12 e 0,13; e 0,05 e 0,06, respectivamente) (Tabela 5).

A Labd apresentou herdabilidade de 0,57 e alta correlação genética com a produção de Grmr (0,52). Assim, as estimativas de correlação genética entre Gmr e as demais características morfométricas indicam que ganhos genéticos podem ser obtidos para produção de geléia real por meio da seleção com base na característica Labd

Tabela 2- Componentes de (co)variância genética aditiva em análise bicaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para rainhas *Apis mellifera* africanizadas

Table 2 – Components of additive covariance in analysis bicaracter and their respective credibility intervals, at 90%, for Africanized queens

	Grmr ¹ <i>Rjp</i> ¹	Peso ² <i>Weight</i> ²	Casa ³ <i>Wl</i> ³	Lasa ⁴ <i>Ww</i> ⁴	Cabd ⁵ <i>Al</i> ⁵	Labd ⁶ <i>Aw</i> ⁶
Grmr ¹	9,04					
<i>Rjp</i> ¹						
Peso ²	9,92	739,35				
<i>Weight</i> ²	(-8,68-15,63)					
Casa ³	6,04	197,05	527,16			
<i>Wl</i> ³	(4,07-7,64)	(26,26-353,34)				
Lasa ⁴	3,76	193,49	45,54	362,07		
<i>Ww</i> ⁴	(2,02-5,24)	(5,53-367,12)	(-17,56-104,43)			
Cabd ⁵	6,01	32,11	18,44	23,77	271,31	
<i>Al</i> ⁵	(4,15-7,51)	(-11,22-69,92)	(-28,49-60,22)	(-29,63-75,17)		
Labd ⁶	6,04	26,09	45,57	42,35	287,98	359,17
<i>Aw</i> ⁶	(4,43-7,34)	(-34,70-84,72)	(-19,70-106,55)	(-21,96-101,88)	(74,87-277,18)	

¹Produção de geléia real por mini-recrã (Grmr) (g), ²Peso (Peso) (mg), ³Comprimento da asa (Casa) (cm), ⁴Largura da asa (Lasa) (cm), ⁵Comprimento do abdome (Cabd) (cm) e ⁶Largura do abdome (Labd) (cm)

¹Royal jelly production (*Rjp*) (g), ²Weight (*Weight*) (g), ³Wing length (*Wl*) (cm), ⁴Wing width (*Ww*), ⁵Abdomen length (*Al*) (cm) and ⁶Abdomen width (*Aw*) (cm)

Tabela 3- Componentes de (co)variância fenotípica em análise bicaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para rainhas *Apis mellifera* africanizadas

Table 3 - Components of phenotypic covariance in analysis bicaracter and their respective credibility intervals, at 90%, for Africanized queens

	Grmr ¹ <i>Rjp</i> ¹	Peso ² <i>Weight</i> ²	Casa ³ <i>Wl</i> ³	Lasa ⁴ <i>Ww</i> ⁴	Cabd ⁵ <i>Al</i> ⁵	Labd ⁶ <i>Aw</i> ⁶
Grmr ¹ <i>Rjp</i> ¹	18,65					
Peso ² <i>Weight</i> ²	11,95 (-7,17-23,52)	1193,17				
Casa ³ <i>Wl</i> ³	11,72 (8,83-14,22)	250,42 (47,94-435,22)	893,03			
Lasa ⁴ <i>Ww</i> ⁴	5,16 (2,41-7,49)	247,13 (27,70-446,30)	90,84 (-5,6-185,35)	721,81		
Cabd ⁵ <i>Al</i> ⁵	10,19 (7,35-12,62)	63,07 (1,38-119,59)	45,34 (-24,11-107,21)	50,44 (-36,02-138,39)	485,59	
Labd ⁶ <i>Aw</i> ⁶	11,71 (9,31-13,75)	50,41 (-43,82-147,51)	90,90 (-11,33-191,21)	74,43 (-26,67-173,71)	291,21 (78,14-280,18)	648,74

¹Produção de geléia real por mini-recria (Grmr) (g), ²Peso (Peso) (mg), ³Comprimento da asa (Casa) (cm), ⁴Largura da asa (Lasa) (cm), ⁵Comprimento do abdome (Cabd) (cm) e ⁶Largura do abdome (Labd) (cm)

¹Royal jelly production (*Rjp*) (g), ²Weight (*Weight*) (g), ³Wing length (*Wl*) (cm), ⁴Wing width (*Ww*), ⁵Abdomen length (*Al*) (cm) and ⁶Abdomen width (*Aw*) (cm)

Tabela 4- Componentes de (co)variância residual em análise bicaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para rainhas *Apis mellifera* africanizadas

Table 4 - Components of residual covariance in analysis bicaracter and their respective credibility intervals, at 90%, for Africanized queens

	Grmr ¹ <i>Rjp</i> ¹	Peso ² <i>Weight</i> ²	Casa ³ <i>Wl</i> ³	Lasa ⁴ <i>Ww</i> ⁴	Cabd ⁵ <i>Al</i> ⁵	Labd ⁶ <i>Aw</i> ⁶
Grmr ¹	9,61					
<i>Rjp</i> ¹						
Peso ²	2,03	453,82				
<i>Weight</i> ²	(-2,70-12,00)					
Casa ³	5,68	53,37	365,87			
<i>Wl</i> ³	(3,86-7,25)	(-19,79-121,43)				
Lasa ⁴	1,40	53,64	45,30	359,74		
<i>Ww</i> ⁴	(-0,44-3,03)	(-18,98-122,51)	(-13,50-101,95)			
Cabd ⁵	4,18	30,96	26,90	26,67	214,28	
<i>Al</i> ⁵	(2,32-5,80)	(-5,99-68,18)	(-15,81-64,93)	(-28,41-80,57)		
Labd ⁶	5,67	24,32	45,33	32,08	3,23	289,57
<i>Aw</i> ⁶	(4,13-6,99)	(-36,78-86,43)	(18,89-107,67)	(-30,07-93,01)	(2,07-4,25)	

¹Produção de geléia real por mini-recrã (Grmr) (g), ²Peso (Peso) (mg), ³Comprimento da asa (Casa) (cm), ⁴Largura da asa (Lasa) (cm), ⁵Comprimento do abdome (Cabd) (cm) e ⁶Largura do abdome (Labd) (cm)

¹Royal jelly production (*Rjp*) (g), ²Weight (*Weight*) (g), ³Wing length (*Wl*) (cm), ⁴Wing width (*Ww*), ⁵Abdomen length (*Al*) (cm) and ⁶Abdomen width (*Aw*) (cm)

Tabela 5 - Estimativas de herdabilidade (diagonal), correlação genética (abaixo da diagonal) e de correlação fenotípica (acima da diagonal) em análise bicaracter e seus respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para rainhas *Apis mellifera* africanizadas

Table 5 - Heritability estimative (diagonal), genetic correlation (below the diagonal) and phenotypic correlation (above the diagonal) in analysis bicaracter and their respective credibility intervals, at 90%, for Africanized queens

	Grmr ¹ <i>Rjp</i> ¹	Peso ² <i>Weight</i> ²	Casa ³ <i>WL</i> ³	Lasa ⁴ <i>Ww</i> ⁴	Cabd ⁵ <i>Al</i> ⁵	Labd ⁶ <i>Aw</i> ⁶
Grmr ¹ <i>Rjp</i> ¹	0,49	0,05	0,40	0,18	0,30	0,51
Peso ² <i>Weight</i> ²	0,03	0,65	0,14	0,13	0,11	0,06
Casa ³ <i>WL</i> ³	0,41	0,15	0,55	0,10	0,06	0,10
Lasa ⁴ <i>Ww</i> ⁴	0,28	0,12	0,10	0,55	0,06	0,08
Cabd ⁵ <i>Al</i> ⁵	0,44	0,11	0,05	0,06	0,59	0,85
Labd ⁶ <i>Aw</i> ⁶	0,52	0,06	0,96	0,09	0,89	0,57
	(-0,08-0,15)	(0,02-0,27)	(-0,04-0,24)	(-0,08-0,20)	(0,87-0,97)	

¹Produção de geléia real por mini-recrã (Grmr) (g), ²Peso (Peso) (mg), ³Comprimento da asa (Casa) (cm), ⁴Largura da asa (Lasa) (cm), ⁵Comprimento do abdome (Cabd) (cm) e ⁶Largura do abdome (Labd) (cm)

¹Royal jelly production (*Rjp*) (g), ²Weight (*Weight*) (g), ³Wing length (*WL*) (cm), ⁴Wing width (*Ww*), ⁵Abdomen length (*Al*) (cm) and ⁶Abdomen width (*Aw*) (cm)

Segundo Szabo (1982) é essencial que as características para qual a colônia está sendo selecionada sejam mensuráveis e seguras. O estudo das correlações é importante, uma vez que o valor econômico de um animal é influenciado por diversas características, e o resultado de uma correlação genética positiva indica que os genes possuem um efeito positivo e isso afetará positivamente o outro (Milne-Júnior, 1985).

Hatch et al. (1999) encontraram correlações fenotípicas de 0,71 para Lasa e Casa, 0,57 para Peso e Casa e 0,39 para Peso e Lasa, valores superiores ao encontrados neste trabalho para as mesmas medidas morfométricas de 0,10, 0,14 e 0,13, respectivamente. Por outro lado, Costa (2005) encontrou correlações fenotípicas inferiores, em análise pentacaracter, de 0,09 para Lasa e Casa, 0,006 para Peso e Casa, e negativa de -0,002 para Peso e Lasa.

Segundo Hoopingarner & Farrar (1959) o aumento do corpo da rainha ocorre aparentemente no abdome, e seu tamanho pode refletir na sua capacidade de reprodução. Porém, estudo efetuado por Rublitz-Filho & Moretto (1996) indicou que as abelhas africanizadas constroem favos com alvéolos de diâmetro que não afetam a introdução do abdome das rainhas, mesmo havendo variabilidade quanto ao tamanho

deste. Apesar disso, a avaliação das medidas externas de abdome não é tratada na literatura e sim da medida de órgãos internos presentes nessa região.

O processo de fecundação natural em núcleos ou em colônias ocorre em atividade de vôo, assim o estudo das dimensões de asa para rainhas virgens é de grande importância, dependendo deste o sucesso da fecundação (Moritz & Southwick, 1992).

Os resultados das estimativas dos componentes de (co)variância genética aditiva, fenotípica e residual das características submetidas à análise hexacaracter estão apresentados nas Tabelas 6, 7 e 8.

As estimativas de (co)variância genética aditiva, fenotípica e residual, obtidas em análise hexacaracter, foram positivas para todas as características avaliadas e apresentaram intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, menos amplos que em análise bicaracter. Portanto, com estimativas mais precisas.

A estimativa de variância genética aditiva para Peso, em análise hexacaracter, foi superior que a obtida na bicaracter e inferior na unicaracter; ao contrário da estimativa de variância fenotípica que foi inferior em análise hexacaracter comparado a análise unicaracter de 3177,36 e 26266,70, respectivamente. As demais características, de forma geral, obtiveram estimativas de variância genética e fenotípica inferiores a análise bicaracter, de acordo com as Tabelas 2, 3, 6 e 7.

Por outro lado, as variâncias residuais estimadas em análise hexacaracter foram superiores à bicaracter, com exceção da produção Grmr de 7,64 e 9,61, respectivamente (Tabelas 4 e 8).

Os resultados das estimativas de herdabilidade, correlação genética e fenotípica, e seus respectivos intervalos de credibilidade, para análise hexacaracter estão apresentados na Tabela 9.

A análise hexacaracter apresentou estimativas de herdabilidade variando de 0,06 a 0,53, sendo estes valores, em geral, inferiores a análise unicaracter e bicaracter. As estimativas de correlações genéticas, de forma geral, foram inferiores à fenotípica para a maioria das características morfométricas, demonstrando que o ambiente exerce grande influência sobre essas características.

As estimativas altas de herdabilidade para as características morfométricas e os resultados das correlações genéticas mostraram que as características apresentaram variabilidade que pode ser explorada, e que são correlacionadas com a produção de geléia real.

Tabela 6 - Componentes de (co)variância genética aditiva em análise hexacaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para rainhas *Apis mellifera* africanizadas

Table 6 - Components of additive genetic covariance in analysis hexacaracter and their respective credibility intervals, at 90%, for Africanized queens

	Grmr ¹ <i>Rjp</i> ¹	Peso ² <i>Weight</i> ²	Casa ³ <i>Wl</i> ³	Lasa ⁴ <i>Ww</i> ⁴	Cabd ⁵ <i>Al</i> ⁵	Labd ⁶ <i>Aw</i> ⁶
Grmr ¹	8,12					
<i>Rjp</i> ¹	(6,59-9,08)					
Peso ²	18,46	1661,37				
<i>Weight</i> ²	(4,74-30,62)	(1301,47-1875,06)				
Casa ³	1,86	91,64	33,87			
<i>Wl</i> ³	(-0,15-3,71)	(53,22-119,13)	(23,65-39,28)			
Lasa ⁴	1,25	43,03	21,69	37,70		
<i>Ww</i> ⁴	(-0,83-3,21)	(7,56-72,33)	(12,49-26,76)	(26,86-43,57)		
Cabd ⁵	2,15	96,48	23,51	21,20	34,13	
<i>Al</i> ⁵	(0,12-3,99)	(57,81-124,33)	(14,24-29,48)	(12,10-26,25)	(23,88-39,57)	
Labd ⁶	1,03	52,30	21,80	20,95	21,05	31,21
<i>Aw</i> ⁶	(-0,86-2,82)	(18,55-78,56)	(12,81-26,57)	(11,92-25,91)	(12,06-25,86)	(21,41-36,32)

¹Produção de geléia real por mini-recria (Grmr) (g), ²Peso (Peso) (mg), ³Comprimento da asa (Casa) (cm), ⁴Largura da asa (Lasa) (cm), ⁵Comprimento do abdome (Cabd) (cm) e ⁶Largura do abdome (Labd) (cm)

¹Royal jelly production (*Rjp*) (g), ²Weight (*Weight*) (g), ³Wing length (*Wl*) (cm), ⁴Wing width (*Ww*), ⁵Abdomen length (*Al*) (cm) and ⁶Abdomen width (*Aw*) (cm)

Tabela 7 - Componentes de (co)variância fenotípica em análise hexacaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para rainhas *Apis mellifera* africanizadas

Table 7 – Components of phenotypic covariance in analysis hexacaracter and their respective credibility intervals, at 90%, for Africanized queens

	Grmr ¹ <i>Rjp</i> ¹	Peso ² <i>Weight</i> ²	Casa ³ <i>Wl</i> ³	Lasa ⁴ <i>Ww</i> ⁴	Cabd ⁵ <i>Al</i> ⁵	Labd ⁶ <i>Aw</i> ⁶
Grmr ¹	15,76					
<i>Rjp</i> ¹	(13,38-17,20)					
Peso ²	36,87	3177,36				
<i>Weight</i> ²	(16,56-54,42)	(2659,29-3494,16)				
Casa ³	3,61	670,43	578,21			
<i>Wl</i> ³	(-3,88-10,71)	(464,98-800,15)	(397,93-687,82)			
Lasa ⁴	2,40	591,19	558,36	584,35		
<i>Ww</i> ⁴	(-5,08-9,61)	(389,85-720,23)	(378,49-668,05)	(403,94-693,80)		
Cabd ⁵	4,18	677,69	561,37	557,54	578,58	
<i>Al</i> ⁵	(-3,30-11,29)	(472,87-808,04)	(381,54-670,79)	(377,75-667,52)	(398,01-687,71)	
Labd ⁶	2,00	605,25	558,50	557,08	557,25	573,73
<i>Aw</i> ⁶	(-5,40-9,16)	(404,19-733,72)	(378,63-667,94)	(377,64-666,68)	(377,42-666,10)	(393,45-682,74)

¹Produção de geléia real por mini-recria (Grmr) (g), ²Peso (Peso) (mg), ³Comprimento da asa (Casa) (cm), ⁴Largura da asa (Lasa) (cm), ⁵Comprimento do abdome (Cabd) (cm) e ⁶Largura do abdome (Labd) (cm)

¹Royal jelly production (*Rjp*) (g), ²Weight (*Weight*) (g), ³Wing length (*Wl*) (cm), ⁴Wing width (*Ww*), ⁵Abdomen length (*Al*) (cm) and ⁶Abdomen width (*Aw*) (cm)

Tabela 8 - Componentes de (co)variância residual em análise hexacaracter e respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para *Apis mellifera* africanizadas

Table 8 - Components of residual covariance in analysis hexacaracter and their respective credibility intervals, at 90%, for Africanized queens

	Grmr ¹ <i>Rjp</i> ¹	Peso ² <i>Weight</i> ²	Casa ³ <i>Wl</i> ³	Lasa ⁴ <i>Ww</i> ⁴	Cabd ⁵ <i>Al</i> ⁵	Labd ⁶ <i>Aw</i> ⁶
Grmr ¹	7,64					
<i>Rjp</i> ¹	(6,19-8,52)					
Peso ²	18,41	1515,99				
<i>Weight</i> ²	(6,00-29,06)	(1203,81-1709,90)				
Casa ³	1,75	578,79	544,34			
<i>Wl</i> ³	(-5,16-8,37)	(381,09-702,02)	(365,00-653,46)			
Lasa ⁴	1,15	548,16	536,67	546,65		
<i>Ww</i> ⁴	(-5,77-7,86)	(352,70-670,82)	(357,82-646,28)	(367,11-655,89)		
Cabd ⁵	2,03	581,21	537,86	536,34	544,45	
<i>Al</i> ⁵	(-4,92-8,66)	(383,79-704,81)	(358,86-646,97)	(357,25-645,97)	(364,93-683,46)	
Labd ⁶	0,97	552,95	536,70	536,13	536,20	542,52
<i>Aw</i> ⁶	(-5,90-7,68)	(357,37-675,60)	(357,73-645,94)	(357,31-645,73)	(357,61-645,00)	(363,55-651,44)

¹Produção de geléia real por mini-recria (Grmr) (g), ²Peso (Peso) (mg), ³Comprimento da asa (Casa) (cm), ⁴Largura da asa (Lasa) (cm), ⁵Comprimento do abdome (Cabd) (cm) e ⁶Largura do abdome (Labd) (cm)

¹Royal jelly production (*Rjp*) (g), ²Weight (*Weight*) (g), ³Wing length (*Wl*) (cm), ⁴Wing width (*Ww*), ⁵Abdomen length (*Al*) (cm) and ⁶Abdomen width (*Aw*) (cm)

Tabela 9 - Estimativas de herdabilidade (diagonal), correlação genética (abaixo da diagonal) e de correlação fenotípica (acima da diagonal) em análise hexacaracter e seus respectivos intervalos de credibilidade, ao nível de 90%, para rainhas *Apis mellifera* africanizadas

Table 9 - Heritability estimative (diagonal), genetic correlation (below the diagonal) and phenotypic correlation (above the diagonal) in analysis hexacaracter and their respective credibility, intervals at 90%, for Africanized queens

	Grmr ¹ <i>Rjp</i> ¹	Peso ² <i>Weight</i> ²	Casa ³ <i>Wl</i> ³	Lasa ⁴ <i>Ww</i> ⁴	Cabd ⁵ <i>Al</i> ⁵	Labd ⁶ <i>Aw</i> ⁶
Grmr ¹	0,52	0,16	0,04	0,02	0,05	0,02
<i>Rjp</i> ¹	(0,48-0,69)					
Peso ²	0,16	0,53	0,49	0,42	0,49	0,44
<i>Weight</i> ²	(0,04-0,28)	(0,46-0,56)				
Casa ³	0,12	0,63	0,07	0,95	0,97	0,96
<i>Wl</i> ³	(-0,01-0,24)	(0,27-0,51)	(0,04-0,08)			
Lasa ⁴	0,07	0,17	0,59	0,08	0,95	0,96
<i>Ww</i> ⁴	(-0,05-0,20)	(0,03-0,30)	(0,47-0,69)	(0,04-0,09)		
Cabd ⁵	0,13	0,41	0,68	0,57	0,07	0,96
<i>Al</i> ⁵	(0,01-0,26)	(0,29-0,53)	(0,59-0,76)	(0,46-0,68)	(0,04-0,08)	
Labd ⁶	0,07	0,23	0,65	0,62	0,62	0,06
<i>Aw</i> ⁶	(-0,06-0,19)	(0,10-0,36)	(0,55-0,74)	(0,48-0,69)	(0,46-0,69)	(0,04-0,08)

¹Produção de geléia real por mini-recrã (Grmr) (g), ²Peso (Peso) (mg), ³Comprimento da asa (Casa) (cm), ⁴Largura da asa (Lasa) (cm), ⁵Comprimento do abdome (Cabd) (cm) e ⁶Largura do abdome (Labd) (cm)

¹Royal jelly production (*Rjp*) (g), ²Weight (*Weight*) (g), ³Wing length (*Wl*) (cm), ⁴Wing width (*Ww*), ⁵Abdomen length (*Al*) (cm) and ⁶Abdomen width (*Aw*) (cm)

Os resultados indicam que a seleção com base na Labd pode produzir ganhos genéticos interessantes na produção de geléia real em função da herdabilidade e de sua correlação genética superior com a característica Grmr.

Conclusão

As estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para características morfométricas e de produção de geléia real por mini-recrã, em abelhas africanizadas, indicam que existe potencial de seleção, com base na largura do abdome de rainhas recém-emergidas.

Literatura Citada

- ALMEIDA, R.; MANRIQUE, A.J.; SOARES, A.E.E. Seleção e melhoramento genético para aumentar a produção de mel e própolis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 12., 2000. Salvador. **Anais...** Salvador: CBA, 2000.
- AZEVEDO, A.L.G. **Estudo de parâmetros relacionados com a produção de geléia real em colméias de *Apis mellifera* mais e menos produtivas.** 1996. 167 f.

- Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – UNESP, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- BOCH, R.; JAMIESON, C.A. Relation of body weight to fecundity in queen honeybees. **The Canadian Entomologist**, v. 92, p. 700-701, 1960.
- COSTA, F.M. **Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para peso e medidas morfométricas em rainhas *Apis mellifera* africanizadas**. 2005. 39 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa:UFV, 1997. 392p.
- DOOLITTLE, G.M. Mr. Doolittle's queen rearing methods. **American Bee Journal**, v. 39, p. 435-436, 1899.
- ECKERT, J. E. Relation of size to fecundity in queen honeybees. **Journal of Economic Entomology**, v. 30, n. 4, p. 646-648, 1937.
- FALCONER, D.S. **Introdução a genética quantitativa**. Viçosa:UFV, 1987. 279p.
- GARCIA, R.H.C.; NOGUEIRA-COUTO, R.H. Produção de geléia real por abelhas *Apis mellifera* italianas, africanizadas e descendentes de seus cruzamentos. **Acta Scientiarum Animal Science**, v. 27, n. 1, p. 17-22, 2005.
- GONÇALVES, L.S.; KERR, W.E. Noções sobre genética e melhoramento em abelhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 1., 1970. Florianópolis, 1970. **Anais...** Florianópolis: CBA, 1970. p. 8-36.
- HATCH, S.; TARPY, D.R.; FLETCHER, D.J.C. Worker regulation of emergency queen rearing in honey bee colonies and the resultant variation in queen quality. **Insectes Sociaux**, v. 46, p. 372-377, 1999.
- HOOPINGARNER, R.; FARRAR, C. L. Genetic control of size in queen honey bees. **Journal of Economic Entomology**, v. 52, n. 4, p. 547-548, 1959.
- JIANKE, L. AIPING, W. Comprehensive technology for maximizing royal jelly production. **American Bee Journal**, v. 145, n. 08, p. 661-664, 2005.
- KEFUSS, J. Selection, rearing and international marketing of queen bees. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 12., 1998. Salvador. **Anais...** Salvador: CBA, 1998. p. 47-51.
- LAWRENCE, T.; COBEY, S. Another look at the page-Laidlaw closed population breeding program. **American Bee Journal**, v. 125, n. 10, p. 688-690, 1985.
- MILNE-JÚNIOR, C.P. Estimates of the heritabilities of and genetic correlation between two components of honey bee (Hymenoptera: Apidae) hygienic behavior: uncapping and removing. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 78, n. 65, p. 841-844, 1985.
- MOURO, G.F.; TOLEDO, V.A.A. Evaluation of *Apis mellifera* Carniolan and Africanized honey bees in royal jelly production. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, n. 3, p. 469-476, 2004.
- MORITZ, R.F.A.; SOUTHWICK, E.E. Natural Selection. In: **Bees as superorganisms**. New York: Springer-Verlag, 1992. p. 292-293.

- OLIVEIRA, E.L.V.; ALVES, M.L.T.M.F.; TEIXEIRA, E.N. Observação sobre o peso de rainhas de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*). In: CONGRESSO CATARINENSE DE APICULTORES, 2., 1997. Mafra. **Anais...** Mafra: Congresso Catarinense de Apicultores, p. 100-103.
- PEREIRA, F. M.; AZEVEDO-BENITEZ, A. L. G.; NOGUEIRA-COUTO, R. H. Número de ovariolos e peso ao nascer de rainhas *Apis mellifera* descendentes de colméias selecionadas pela capacidade de produção de mel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 12., 2000. Salvador. **Anais...** Salvador: CBA.
- RINDERER, T.E. Measuring the heritability of characters of honeybees. **Journal of Apicultural Research**, v. 16, n. 1, p. 95-98, 1977.
- RINDERER, T.E. **Bee genetics and breeding**. Florida: Academic Press, 1986. 426p.
- R Development Core Team (2004). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- RUBLITZ-FILHO, A. B.; MORETTO, G. Avaliação da velocidade de postura de rainhas de abelhas africanizadas de acordo com o peso corporal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 11., 1996. **Anais...** Teresina: CONBRAPI, p. 380.
- SOUZA, D. C.; CRUZ, C. D.; CAMPOS, L. A. O.; REGAZZI, A. J. Correlação entre a produção de mel e algumas características morfológicas em abelhas africanizadas (*Apis mellifera*). **Ciência Rural**, v. 32, n. 5, p. 869-872, 2002.
- SZABO, T.I. Relationship between weight of honey bee queens (*Apis mellifera* L.) at emergence and at the cessation of egg laying. **American Bee Journal**, v. 113, n. 7, p. 250-251, 1973.
- SZABO, T.I. Phenotypic correlations between colony traits in the honey bee. **American Bee Journal**, v. 122, n. 10, p. 711-716, 1982.
- SZABO, T.I.; LEFKOBITCH, L.P. Fourth generation of closed population honeybee breeding. **Apidologie**, v. 19, n. 3, p. 259-274, 1988.
- TARPY, D. R.; HATCH, S.; FLETCHER, D. J. C. The influence of queen age and quality during queen replacement in honeybee colonies. **Animal Behaviour**, v. 59, p. 97-101, 2000.
- TOLEDO, V.A.A. **Estudo comparativo de parâmetros biológicos e de produção de cera e geléia real em colônias de abelhas *Apis mellifera* africanizadas, cárnicas, italianas e seus híbridos**. 1997. 196 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- TOLEDO, V.A.A.; MOURO, G.F. Produção de geléia real com abelhas africanizadas selecionadas cárnicas e híbridas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2085-2092, 2005.
- 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: Departament of Agriculture/ Agricultural Research Service, 1995.
- KERR, W. E.; GONÇALVES, L. S.; BLOTTA, L. F.; et al. Biologia comparada entre abelhas italianas (*Apis mellifera ligustica*), africanas (*Apis mellifera andansonii*) e

- suas híbridas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 1., 1970. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: CBA, 1970. p.151-185.
- WINSTON, M.L.; KATZ, S.J. Longevity of cross-fostered honey bee workers (*Apis mellifera*) of European and Africanized races. **Canadian Journal of Zoology**, v. 59, p. 1571-1574, 1981.
- WINSTON, M. L.; TAYLOR, O. R.; OTIS, G. W.; Some differences between temperate and tropical African and South American honey bees. **Bee World**, v. 64, p. 12-21, 1983.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para produção de geléia real e características morfométricas e com produção de geléia real por mini-recria, indicaram que existe potencial de seleção em abelhas *Apis mellifera* africanizadas com base nas características produção de geléia real por mini-recria e largura do abdome de rainhas recém-emergidas.

Estudos subseqüentes devem associar a característica morfológica de largura do abdome com as demais que determinam a produção de geléia real como, porcentagem de aceitação, produção de geléia real por mini-recria e por cúpula.